La recherche au Service canadien des forêts et le Plan d'action national en sciences et technologie forestières

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forets

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

TENIR LE CAP

LA RECHERCHE AU SERVICE CANADIEN DES FORÊTS ET LE PLAN D'ACTION NATIONAL EN SCIENCES ET TECHNOLOGIE FORESTIÈRES

PUBLIÉ PAR LA

Direction générale des sciences

Service canadien des forêts

Ressources naturelles Canada

Ottawa, 2000

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2000
N° de catalogue Fo42-306/2000F
ISBN 0-662-84472-6

On peut se procurer gratuitement des exemplaires de ce document auprès de :
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Téléphone : (613) 947-7341

This publication is also available in English: *On course: Canadian Forest Service Research and the National Forest Science and Technology Course of Action.*

Microfiches et photocopies en vente chez :
Micromedia ltée
240, rue Catherine, bureau 305
Ottawa (Ontario) K2P 2G8
Téléphone : (613) 237-4250; 1-800-567-1914

Recherche et rédaction : Ken Farr
Révision : Madeleine Choquette
Production : Catherine Carmody
Conception et mise en page : Sandra Bernier

Données de catalogage avant publication (Canada)

Service canadien des forêts. Direction des sciences

Tenir le cap : la recherche au Service canadien des forêts et le plan d'action national en sciences et technologie forestières

Publ. aussi en anglais sous le titre : On course, Canadian Forest Service research and the national forest science and technology course of action.
ISBN 0-662-84472-6
N° de cat. Fo42-306/2000F

1. Foresterie durable -- Politique gouvernementale — Canada.
2. Forêts — Conservation — Politique gouvernementale — Canada.
3. Forêts — Gestion — Politique gouvernementale — Canada.
I. Titre.

SD387.S87C32 2000 634.9'0971 C00-980115-4

Imprimé sur du papier recyclé

IMPRIMÉ AU CANADA

Imprimé sur du papier alcalin permanent

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 5

1 Gestion des sciences et de la technologie forestières : un travail d'équipe 9

2 Aménagement forestier durable : mesure des indicateurs 17

3 Participation du public : de nombreuses voix au chapitre 25

4 Écosystèmes forestiers : objectifs intégrés 29

5 L'industrie forestière : concurrence mondiale 41

6 Aménagement forestier : pratiques d'intendance 47

7 Les Autochtones et la forêt : questions de relations 57

Préciser le cap : orientations futures 61

Annexe : Noms scientifiques des organismes mentionnés dans le texte 63

[redacted], numéro de photo

Archives de la Forêt expérimentale de Petawawa, Chalk River (Ontario) :

[redacted] diverses photographies de forêts et de plantations;

[redacted] genêts et douglas verts à l'arrière-plan.

Toutes les photographies utilisées dans les sept en-têtes de chapitres proviennent des Archives de la Forêt expérimentale de Petawawa.

Centre de foresterie de l'Atlantique, SCF, Fredericton (Nouveau-Brunswick) :

[redacted] tube en plastique et graines de noyer cendré, par Tannis Beardmore;

[redacted] image de l'ADN produite par électrophorèse.

Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario) :

[redacted] neem, par Blair Helson;

[redacted] mésocosme en construction, par David Kreutzweiser;

[redacted] (*à gauche*) larves de la tordeuse des bourgeons de l'épinette modifiées par un gène régulateur de la mue et (*à droite*) groupe témoin, par A. Retnakaran;

[redacted] technicien de recherche consultant un diagramme d'aménagement de peuplement dans un peuplement boréal d'épinettes noires, par Peter Newton.

Centre de foresterie des Laurentides, SCF, Sainte-Foy (Québec) :

[redacted] vérification d'une trappe à insectes à l'île d'Anticosti, au Québec;

[redacted] verger d'amélioration génétique des arbres, par René Pâquet;

[redacted] mesure de la photosynthèse, par Pierre Yves Bernier.

Centre de foresterie du Nord, SCF, Edmonton (Alberta) :

[redacted] peuplement de peupliers faux-trembles soumis à un stress hydrique en Saskatchewan, par Ted Hogg;

[redacted] croissance clairsemée de peupliers le long de pistes de débardage dans une parcelle de coupe exploitée en été, par Ivor Edwards.

Centre de foresterie du Pacifique, SCF, Victoria (Colombie-Britannique) :

[redacted] herbier de pathologie forestière du Centre de foresterie du Pacifique;

[redacted] image de l'EOSD créée par le groupe Technologies forestières de pointe;

[redacted] racines du douglas vert infectées par le champignon pathogène *Phellinus weirii*, par Rona Sturrock;

[redacted] prélèvement d'échantillons du dendroctone du pin ponderosa;

[redacted] arbre appâté de phéromones et muni de pièges à émergence, par D. A. Linton.

Ennik, Arnold :

[redacted] site de recherche des Systèmes sylvicoles de substitution en forêt montagnarde, situé près de Campbell River, dans l'île de Vancouver.

Fenton, M. B, Musée royal de l'Ontario, Toronto :

[redacted] chauve-souris argentée.

Law, Ken, USDA :

[redacted] longicornes étoilés.

Nation gitxsan (Colombie-Britannique) :

[redacted] arbre modifié par des méthodes culturales, par Russell Collier.

Photothèque de Ressources naturelles Canada :

[redacted] photographies diverses;

[redacted] peuplement forestier attaqué par la tordeuse des bourgeons de l'épinette;

[redacted] pépinière.

Projet EMEND :

[redacted] brûlage expérimental effectué par l'EMEND.

Cela fait plus d'un siècle que le Service canadien des forêts (SCF), Ressources naturelles Canada, tient lieu d'organisme national de recherche en sciences forestières. Le SCF s'occupe de promouvoir le développement durable des forêts et la compétitivité du secteur forestier canadien au profit des générations présentes et futures. À cette fin, il publie et diffuse régulièrement des rapports novateurs sur les sciences et la technologie forestières et prodigue des conseils spécialisés dans les domaines du commerce, de l'économie et de l'élaboration de politiques forestières à ses clients du gouvernement, de l'industrie, du milieu universitaire et du secteur forestier.

Le SCF publie et transfère des renseignements sur les sciences forestières. Le programme de sciences et de technologie (S-T) du SCF a pour objectif d'étudier l'état, la composition, les fonctions, l'évolution et les réactions au changement des forêts et des écosystèmes forestiers du Canada. Le SCF convertit les données scientifiques en instruments d'aide à la décision, en techniques d'inventaire, en biotechnologies et en méthodes d'aménagement forestier adaptatives. Son effectif de recherche de calibre mondial se compose d'environ 500 chercheurs scientifiques et techniciens (dont 90 occupent des postes de professeur auxiliaire dans des universités canadiennes), de 72 postes de chercheurs affectés à des projets de partenariat, de 40 étudiants des deuxième et troisième cycles, de 30 stagiaires de recherche, de 250 étudiants d'été et de 35 étudiants autochtones. Les recherches menées à bien par le SCF procurent aux aménagistes forestiers les compétences et les techniques novatrices dont ils ont besoin pour faire face à l'augmentation de la demande mondiale de produits forestiers tout en préservant la productivité, la biodiversité et le potentiel de régénération des forêts canadiennes. Au SCF, les recherches forestières ont expressément pour but de permettre au Canada d'atteindre son but et de s'acquitter de ses obligations internationales en ce qui concerne l'aménagement durable des forêts.

Le SCF s'emploie à faire la promotion d'un consensus national en sciences forestières. Le SCF tire profit de son potentiel scientifique pluridisciplinaire pour conclure des partenariats et des accords de collaboration avec des membres de la grande communauté scientifique, des organismes provinciaux et territoriaux de gestion des ressources et divers intervenants du secteur forestier partageant des intérêts et objectifs communs. Le SCF mène des recherches de longue haleine et prend des engagements en plus de débloquer les fonds nécessaires pour relever les défis complexes qui se posent au secteur forestier. Reconnaissant l'importance cruciale que présentent la foresterie pour des centaines de collectivités canadiennes et la participation accrue des Premières nations à l'aménagement des forêts, il mène à bien des recherches socio-économiques novatrices et participe à divers travaux visant à documenter les connaissances ancestrales des Autochtones sur la forêt. Les chercheurs du SCF nouent des liens à l'échelle régionale et communautaire en collaborant avec des intervenants du Programme canadien de forêts modèles et du Programme de foresterie des Premières nations.

Le SCF recueille et diffuse des données forestières qui permettent au monde entier de se faire une idée de l'assise forestière du Canada à l'échelle du continent. Le SCF évalue l'état des forêts nationales et compile les données de l'Inventaire forestier national en vue de fournir les renseignements dont le Canada a besoin pour respecter les engagements qu'il a pris dans le cadre de conventions internationales comme le Processus de Montréal sur les critères et les indicateurs pour la conservation et l'aménagement durable des forêts tempérées et des forêts boréales et le Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Le SCF met au point et utilise des techniques pointues de télédétection aérienne et satellitaire, des systèmes d'information géographique, des modèles numériques d'altitude et des systèmes de surveillance et de gestion des feux de forêt dont la valeur est reconnue mondialement. Le SCF fournit les renseignements précis et ponctuels dont le secteur forestier canadien dépend de plus en plus pour se ménager une voie d'accès au commerce mondial et aux marchés internationaux. Le SCF confirme les progrès réalisés par le Canada par rapport à l'objectif d'aménagement forestier durable en utilisant des données fiables, le meilleur instrument qui existe. Le SCF est en quelque sorte le porte-parole du Canada pour tout ce qui concerne la foresterie à l'échelle nationale.

Le SCF mène des recherches à grande échelle. Sans relâche, les chercheurs du SCF s'occupent de mettre au

point par génie génétique de nouvelles lignées d'arbres, de trouver de nouvelles façons de préserver les espèces animales et végétales en péril, de modéliser le climat et le bilan du carbone de la planète et de caractériser la dynamique des entreprises manufacturières secondaires dans le secteur économique. Les recherches menées à bien par le SCF fournissent l'assise scientifique requise pour l'élaboration de règlements visant à prévenir l'introduction d'insectes et de végétaux exotiques, ainsi que pour la mise au point de nouvelles méthodes de mesure de l'ozone atmosphérique, l'élaboration de stratégies d'aménagement forestier destinées à réduire les dégâts causés par les insectes et le transfert de techniques spatiales de gestion des feux de forêt aux États-Unis et à d'autres pays.

La valeur des travaux de recherche menés à bien par le SCF est reconnue internationalement. Les chercheurs du SCF ont reçu des prix pour avoir conçu des insecticides biologiques respectueux de l'environnement (Wladimir Smirnoff), mis au point une méthode de marquage à l'ADN permettant d'attraper plus facilement les voleurs d'arbres (Eleanor White) et perfectionné la biotechnologie de l'embryogenèse somatique applicable aux espèces commerciales de pin (Krystyna Klimaszewska).

Le SCF mène des recherches de portée et d'envergure nationales. Depuis ses centres de recherche situés à Fredericton (Nouveau-Brunswick), Sainte-Foy (Québec), Sault Ste.Marie (Ontario), Edmonton (Alberta) et Victoria (Colombie-Britannique), le SCF exécute son programme de S-T par l'entremise de dix réseaux nationaux de recherche. Chaque réseau se concentre sur un secteur scientifique essentiel à l'aménagement forestier durable : santé des forêts, biodiversité des forêts, processus des écosystèmes forestiers, aménagement des paysages, méthodes de lutte contre les ravageurs, incidences des pratiques forestières, gestion des feux, recherche socio-économique, biotechnologie des arbres et génétique de pointe, et changement climatique.

Le SCF a une orientation mondiale axée sur les enjeux. Le changement climatique, l'aménagement intensif des forêts et les problèmes posés par les ravageurs exotiques sont au nombre des enjeux qui revêtent une importance immédiate et pressante pour le Canada et, dès lors, des questions qui préoccupent les chercheurs du SCF. À titre d'organisme national des sciences forestières, le SCF est et demeurera attaché à la priorité nationale selon laquelle le Canada doit devenir et demeurer au XXI[e] siècle l'aménagiste, le promoteur, l'utilisateur et l'exportateur des ressources naturelles le plus « clairvoyant » de toute la planète. Au SCF, les recherches forestières se font dans une optique mondiale.

Le Plan d'action national en S-T forestières

En juin 1997, des membres de la communauté scientifique et technologique du Canada, en particulier des représentants du gouvernement, du milieu universitaire, du secteur privé et des établissements de recherche, se sont réunis sous l'égide du Conseil canadien des ministres des forêts en vue d'établir un plan d'action en sciences et technologie forestières (c'est-à-dire un ensemble de priorités se rattachant à la production, à la diffusion et à l'application des connaissances scientifiques et techniques) destiné à promouvoir le développement durable des forêts au Canada. Cette initiative a débouché sur la publication du *Plan d'action national en sciences et technologie forestières*[1]. Ce document ventile en sept thèmes les priorités d'action que le secteur forestier canadien doit se donner pour mieux coordonner et polariser ses activités de recherche. Ces sept thèmes visent à renforcer les capacités du SCF au chapitre du transfert de technologie, de la formation, des communications et de l'expertise dans le domaine de l'aménagement forestier d'une manière qui permettra au Canada de s'acquitter de ses engagements internationaux et d'aider les intervenants du secteur forestier à mieux comprendre la complexité inhérente des écosystèmes forestiers du Canada.

Le Plan d'action national en S-T forestières est un instrument extrêmement précieux pour faire connaître l'importance et l'efficacité des recherches du SCF par rapport aux attentes immédiates et futures des intervenants du secteur forestier canadien. Le présent document décrit les recherches entreprises par les scientifiques du SCF en rapport aux sept thèmes énoncés dans le Plan d'action. Par la même occasion, il démontre à quel point le programme de S-T du SCF cadre avec la politique forestière canadienne et les priorités du secteur forestier;

[1]Groupe d'action en sciences et technologie forestières, Conseil canadien des ministres des forêts, 1998. Publié par Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Ottawa, 18 p. Version imprimée et en ligne. [http://NRCan.gc.ca/cfs/proj/sci-tech/action/index_f.html].

100-04596/

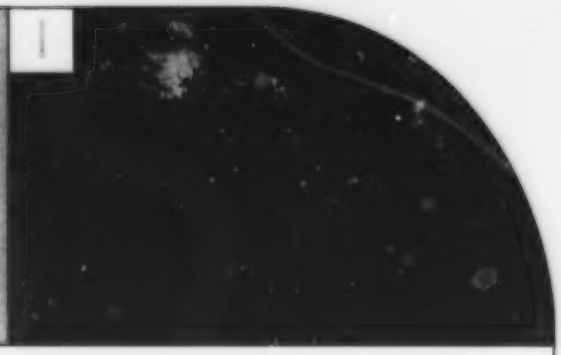
il propose également des réponses aux questions biologiques et opérationnelles complexes qui préoccupent actuellement les aménagistes forestiers.

Les sept thèmes dont traite le *Plan d'action national en sciences et technologie forestières* sont :

- Gestion des sciences et de la technologie forestières : un travail d'équipe
- Élaboration de méthodes de mesure des indicateurs d'aménagement forestier durable
- Participation du public : de nombreuses voix au chapitre
- Écosystèmes forestiers : objectifs intégrés
- L'industrie forestière : concurrence mondiale
- Aménagement forestier : pratiques d'intendance
- Les Autochtones et la forêt : questions de relations

Les sections qui suivent proposent une brève description des enjeux inhérents à chaque thème et un tour d'horizon des projets de recherche du SCF. Chaque section présente une sélection des expériences et des études en cours. La description de ces expériences et études est assurée par ceux et celles qui sont le mieux à même de témoigner de l'importance, de la pertinence, de l'efficacité et des orientations futures du SCF, à savoir les dévoués chercheurs et techniciens participant au programme de S-T du Service canadien des forêts.

Gestion des sciences et de la technologie forestières : un travail d'équipe



Comme le souligne le Plan d'action national en S-T forestières, une des grandes priorités en S-T forestières consiste à mieux intégrer les activités de recherche forestière et l'aménagement des forêts, les technologies de transformation et le développement de produits. Si le Canada veut conserver sa place de chef de file mondial dans le domaine de la gestion des ressources forestières, le secteur forestier canadien doit se doter d'une stratégie de recherche intégrée afin de permettre la conversion rapide des connaissances en technologies, en instruments opérationnels et en produits présentant une utilité directe pour les aménagistes forestiers et les autres intervenants du secteur forestier.

Le Plan d'action fait également état du besoin de sensibiliser les gens à l'utilité et à l'importance des recherches forestières qui sont entreprises au Canada. Il est essentiel de bien faire connaître les retombées qu'auront les investissements en S-T forestières aux décideurs de haut niveau, aux autres secteurs de l'économie et à l'ensemble de la population canadienne. Pour maximiser les retombées des investissements en recherche forestière, il faut activement mettre en valeur le potentiel des S-T forestières du Canada et dynamiser le transfert des connaissances et des technologies. Il faut également se doter de mécanismes plus efficaces pour mesurer le degré de satisfaction des clients et des intervenants forestiers à l'égard des axes de recherche privilégiés par les programmes de recherche forestière ainsi que leur perception de la pertinence et de l'utilité de ces programmes, dont le but est justement de résoudre des problèmes d'ordre opérationnel.

À titre de porte-parole national pour tout ce qui concerne les sciences et les politiques forestières au Canada, le SCF s'est fait l'ardent défenseur de l'élaboration et de la mise en œuvre d'un programme national de S-T. Il poursuit sa quête de possibilités de partenariat et de collaboration dans le domaine de la recherche forestière. L'objectif primordial du programme de S-T du SCF consiste à enrichir les connaissances scientifiques et à élaborer des instruments environnementaux novateurs en vue de promouvoir l'aménagement forestier durable et d'accroître la compétitivité du secteur forestier canadien. À cette fin, le SCF, mettant à profit l'expertise acquise dans ce domaine, s'emploie à convertir les résultats des recherches forestières en données techniques, en modèles, en outils d'aide à la décision et en technologies en vue de répondre aux besoins de sa clientèle et des autres intervenants forestiers. La conception de technologies intégrant les informations disponibles et servant d'appui au processus de prise de décisions est la pierre angulaire du programme de S-T du SCF.

Afin d'informer les Canadiens des grands enjeux se rattachant à l'aménagement des forêts, le SCF publie des articles contextuels, des documents de travail et des plans stratégiques traitant d'une façon accessible de divers sujets d'une importance critique, comme les problèmes posés par les ravageurs forestiers exotiques, le changement climatique, l'état des forêts, la biodiversité et la mise au point par génie génétique de nouvelles variétés d'arbres et d'insectes trouvant des applications en aménagement forestier. Les chercheurs du SCF publient régulièrement les résultats de leurs recherches dans des revues scientifiques possédant un comité de lecture et dans les actes de congrès. Le SCF s'efforce de rendre accessibles les résultats de ses recherches forestières auprès du plus vaste auditoire possible en publiant des informations sous diverses formes, notamment des rapports, des notes de transfert technologique, des brochures, des guides botaniques et diagnostiques et des CD-ROM didactiques. Le SCF a de plus en plus recours à Internet pour diffuser des informations. Chacun des cinq centres de recherche du SCF et des dix réseaux de recherche en S-T dispose de son propre site Web pour diffuser des données à jour sur les sciences forestières, des bases de données, des listes

de publications, les résultats des recherches et des profils de recherche et présenter des liens avec les sites des partenaires.

Pour répondre à l'échelle nationale à la demande croissante d'informations fiables et précises sur les forêts, le SCF coordonne l'élaboration du Système national d'information sur les forêts (SNIF). Ce système fera largement usage d'observations satellitaires, de données d'inventaires forestiers effectués dans des parcelles et d'autres informations géographiques fédérales et provinciales en vue de brosser un tableau plus précis des ressources et des écosystèmes forestiers du Canada. Le SNIF fera appel aux dernières technologies de traitement des données pour intégrer dans un système national des ensembles de données de base, comme des données d'inventaire et de télédétection satellitaire et d'autres données géographiques fédérales et provinciales. Les données du SNIF serviront à la planification nationale et provinciale, à la prise de décisions stratégiques, à l'établissement de rapports nationaux et internationaux et à l'évaluation de l'ampleur et de l'impact des changements environnementaux. En outre, en participant au SNIF, les scientifiques donneront une plus grande visibilité aux données qu'ils ont recueillies et aux produits qu'ils ont mis au point.

Les chercheurs du SCF entendent également contribuer à la constitution et à la mise à jour de la base de données de l'Inventaire forestier national (IFN), réseau national de parcelles d'observation permanentes formant une grille nationale au niveau des principaux blocs forestiers du Canada. Ce nouveau système aura pour objectif d'évaluer et de surveiller l'étendue, l'état et le développement durable des forêts du Canada en fournissant des données nationales sur l'état de 25 attributs des forêts, dont la densité relative, la croissance, l'accessibilité et le nombre d'espèces végétales indigènes et exotiques, l'étendue et la gravité des épidémies d'insectes observables, les dommages causés par le feu, les perturbations infligées aux forêts et la production de bois. Contrairement aux inventaires antérieurs, l'IFN fournira également des renseignements sur la dynamique et l'évolution de ces attributs dans le temps. Le premier rapport s'appuyant sur les données compilées à l'aide de ce nouveau système devrait paraître en 2005.

Pour fournir aux intervenants forestiers une source d'information centralisée sur l'expertise du Canada dans le domaine de la recherche forestière, le SCF a conçu le Répertoire des chercheurs canadiens en foresterie (RCCF). Accessible dans le Web, le RCCF procure aux aménagistes forestiers et autres partenaires du secteur privé, du milieu universitaire et du gouvernement des renseignements sur la communauté de la recherche forestière. Pour les chercheurs, le RCCF est une source d'information à guichet unique sur les éventuels collaborateurs, leurs disciplines et les essences qui les intéressent.

Le SCF s'emploie à stimuler le transfert de technologie et la commercialisation des produits de la recherche forestière en concevant des logiciels d'aide à la décision, des biotechnologies novatrices et des outils opérationnels d'aménagement et de surveillance des forêts. Il s'efforce activement d'établir des partenariats et des accords de collaboration en vue de perfectionner ses produits et de leur trouver des applications pratiques. Parmi les produits ainsi mis au point, mentionnons le CanOxy Passive Ozone MonitorPlate^{MC}, dispositif réutilisable qui sert à mesurer l'exposition de l'environnement à l'ozone, et le SEIDAM, système intelligent d'aide à la décision qui utilise des données des systèmes d'information géographique (SIG) et des méthodes sophistiquées d'analyse des images. Parmi les biotechnologies élaborées par le SCF, mentionnons une méthode d'évaluation de la résistance au gel des semis de résineux et des agents de lutte microbiologique non chimique contre les espèces végétales qui entravent considérablement les travaux de reboisement.

Pour promouvoir le succès et l'excellence de la recherche forestière au Canada, le SCF, avec le concours d'organismes comme le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, parraine des programmes de financement visant expressément à appuyer les efforts de recherche des scientifiques travaillant dans les centres de recherche du SCF et des étudiants des deuxième et troisième cycles ou des chercheurs se livrant à des recherches postdoctorales. Ces programmes réunissent des chercheurs du gouvernement, du milieu universitaire et du secteur privé intéressés à promouvoir l'aménagement forestier durable.

Afin d'encadrer les recherches sur les écosystèmes forestiers réalisées au Canada, le SCF coordonne la mise sur pied du Réseau de recherche sur les écosystèmes forestiers (RREF), réseau national de sites de recherche se consacrant à l'étude des pratiques d'aménagement forestier durable et des processus des écosystèmes. Chaque site du réseau, situé dans un grand écosystème forestier

canadien, se livre à des recherches pluridisciplinaires de longue haleine sur des éléments comme les opérations de récolte, les coûts et la productivité, l'état des forêts et les habitats fauniques. Ces projets de recherche sont menés en collaboration avec les universités, les provinces et le secteur privé. La promotion aux échelles nationale et internationale des pratiques canadiennes d'aménagement des forêts constitue l'un des principaux objectifs du RREF.

En favorisant l'élaboration de systèmes d'information et d'aide à la prise de décisions permettant de surveiller et de prédire les feux de végétation au Canada, les recherches entreprises par le SCF sur les feux de forêt ont grandement contribué à accroître la notoriété du Canada en S-T forestières. Le Système d'information sur les feux de végétation, mis au point par le SCF pour surveiller et réprimer les feux de végétation, est également utilisé en Floride et au Mexique. Ce système consulte automatiquement les données météorologiques observées et prévues à l'échelle nationale, les affiche sur des cartes et diffuse ces cartes dans Internet. Plus récemment, avec le concours du Centre canadien de télédétection, le SCF a conçu un nouveau système appelé SCM-Feu. Ce système national utilise les techniques d'imagerie satellitaire pour générer automatiquement, à des fins de surveillance, des images, des cartes, des modèles et des données statistiques sur les feux de forêt au Canada. Le système génère et diffuse dans Internet des cartes et des modèles de comportement du feu à l'intention des organismes de lutte contre les feux de forêt, des aménagistes forestiers, du public et même des médias.

En 1999, le système SCM-Feu a remporté le prix Agatha Bystram (excellence et innovation dans la gestion des ressources d'information) et une médaille de bronze (excellence dans la gestion de l'information et des technologies dans le secteur public).

Les scientifiques du programme de recherche du SCF sur les feux de forêt participent également aux grandes études internationales et interdisciplinaires sur les feux et le changement planétaire, en particulier au Programme international concernant la géosphère et la biosphère (PIGB) et aux travaux de l'Association internationale de recherche sur les forêts boréales (IBFRA) de l'équipe de spécialistes des Nations Unies sur les feux de forêt et de l'Union internationale des instituts de recherches forestières (UIIRF). La sortie d'un CD-ROM interactif de formation et de référence sur la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt a permis à divers utilisateurs d'accéder aux résultats de nombreuses années de recherches sur le comportement des feux de forêt.

Le programme de S-T du SCF vise à favoriser la conception, le développement et la mise en œuvre des instruments, des techniques et des procédés nécessaires à l'élargissement de l'expertise du Canada dans le domaine de l'aménagement forestier durable. Grâce à ses programmes de recherche, le SCF entend nouer de nouvelles alliances stratégiques et parvenir à un consensus national sur les questions de foresterie de manière à ce que tous les intervenants du secteur forestier canadien aient le sentiment de faire partie de la même équipe.

Le Système national d'information sur les forêts : nouvelles normes générales de diffusion des données scientifiques forestières

canadien, se livre à des recherches pluridisciplinaires de longue haleine sur des éléments comme les opérations de récolte, les coûts et la productivité, l'état des forêts et les habitats fauniques. Ces projets de recherche sont menés en collaboration avec les universités, les provinces et le secteur privé. La promotion aux échelles nationale et internationale des pratiques canadiennes d'aménagement des forêts constitue l'un des principaux objectifs du RREF.

En favorisant l'élaboration de systèmes d'information et d'aide à la prise de décisions permettant de surveiller et de prédire les feux de végétation au Canada, les recherches entreprises par le SCF sur les feux de forêt ont grandement contribué à accroître la notoriété du Canada en S-T forestières. Le Système d'information sur les feux de végétation, mis au point par le SCF pour surveiller et réprimer les feux de végétation, est également utilisé en Floride et au Mexique. Ce système consulte automatiquement les données météorologiques observées et prévues à l'échelle nationale, les affiche sur des cartes et diffuse ces cartes dans Internet. Plus récemment, avec le concours du Centre canadien de télédétection, le SCF a conçu un nouveau système appelé SCM-Feu. Ce système national utilise les techniques d'imagerie satellitaire pour générer automatiquement, à des fins de surveillance, des images, des cartes, des modèles et des données statistiques sur les feux de forêt au Canada. Le système génère et diffuse dans Internet des cartes et des modèles de comportement du feu à l'intention des organismes de lutte contre les feux de forêt, des aménagistes forestiers, du public et même des médias.

En 1999, le système SCM-Feu a remporté le prix Agatha Bystram (excellence et innovation dans la gestion des ressources d'information) et une médaille de bronze (excellence dans la gestion de l'information et des technologies dans le secteur public).

Les scientifiques du programme de recherche du SCF sur les feux de forêt participent également aux grandes études internationales et interdisciplinaires sur les feux et le changement planétaire, en particulier au Programme international concernant la géosphère et la biosphère (PIGB) et aux travaux de l'Association internationale de recherche sur les forêts boréales (IBFRA) de l'équipe de spécialistes des Nations Unies sur les feux de forêt et de l'Union internationale des instituts de recherches forestières (UIIRF). La sortie d'un CD-ROM interactif de formation et de référence sur la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt a permis à divers utilisateurs d'accéder aux résultats de nombreuses années de recherches sur le comportement des feux de forêt.

Le programme de S-T du SCF vise à favoriser la conception, le développement et la mise en œuvre des instruments, des techniques et des procédés nécessaires à l'élargissement de l'expertise du Canada dans le domaine de l'aménagement forestier durable. Grâce à ses programmes de recherche, le SCF entend nouer de nouvelles alliances stratégiques et parvenir à un consensus national sur les questions de foresterie de manière à ce que tous les intervenants du secteur forestier canadien aient le sentiment de faire partie de la même équipe.

Rick Morrison

Le Système national d'information sur les forêts : nouvelles normes générales de diffusion des données scientifiques forestières

Le Système national d'information sur les forêts (SNIF) offre une infrastructure propre à faciliter la diffusion des informations forestières à des fins stratégiques. Au plan scientifique, le nouveau système définira la norme en matière de collecte et de partage des données. Ce sera comme si on mettait en réseau un ensemble de magasins vendant des produits différents dans des villes différentes. L'harmonisation des normes de données et des logiciels utilisés par chaque « magasin » constitue le principal défi technique du système. Il s'agit d'adopter des identificateurs communs pour les produits, ainsi que des logiciels communs pour les principales fonctions commerciales telles que l'inventaire et la gestion des comptes clients. Le problème de nombreuses organisations de recherches

forestières est analogue, sauf qu'elles produisent essentiellement des informations sur les ressources forestières et que leurs principales fonctions de gestion sont dictées par des impératifs scientifiques et stratégiques. L'infrastructure du SNIF permettra de lier les produits d'information du SCF pour en faciliter l'accès et le partage.

Même au sein du SCF, il n'existe toujours pas de normes générales pour la collecte de certains types de données scientifiques. Or, un tel système est essentiel à la diffusion nationale des données. Si l'information est recueillie sous diverses formes et qu'elle n'est pas largement accessible, nous serons incapables de nous acquitter de nos nombreux engagements à l'échelle nationale, c'est-à-dire de la diffusion de données sur la biodiversité, le changement climatique et les critères et indicateurs du développement durable. C'est la raison pour laquelle nous avons créé, dans le cadre du SNIF, un centre de compilation des données spatiales assurant des services de diffusion et d'intégration qui répondent aux besoins scientifiques et stratégiques.

Il existe en outre, au sein de RNCan et entre des organismes gouvernementaux, des projets de collecte de données spatiales que nous cherchons à adapter à ces normes. L'un d'eux est l'Infrastructure canadienne de données géospatiales (ICDG), établie par le Comité mixte des organismes intéressés à la géomatique (CMOIG), qui rassemble des représentants de Santé Canada, de RNCan, de Statistique Canada, et d'autres organisations. Ces initiatives reconnaissent la nécessité de normaliser la collecte, le stockage et l'accessibilité des données spatiales aux fins des applications informatiques. Ce sont là les conditions que nous cherchons à respecter dans l'exploitation du SNIF. Nous souhaitons également lier le SNIF au système de gestion des connaissances ResSources de RNCan pour en faire la source de connaissances sur la foresterie.

Notre travail est motivé par des impératifs scientifiques et stratégiques; nous cherchons à mettre au point une infrastructure technique qui répondra à ces besoins. Le SNIF, malgré son envergure nationale, peut également fonctionner à plus petite échelle. Les membres du public peuvent en effet s'intéresser davantage à l'endroit particulier où ils vivent et à l'état des milieux forestiers locaux. La technologie du SNIF leur permettra d'obtenir les informations dont ils ont besoin. — **Rick Morrison**, spécialiste principal des systèmes, Centre de foresterie du Pacifique **Équipe de développement** : Doug Bakewell, Brian Low, Rick Morrison, Robin Quenet **Sources de données** : Rene Alfaro, Lynn Barnett, Dennis Demarchi, Marvin Eng, Dave Gilbert, Mark Gillis, David Goodenough, Ted Lea, Don Leckie, Sue Martin, Dan McKenney, Bruce Pike, Vince Nealis, Mike Wulder ■

Mark Gillis

Élaboration, analyse et diffusion des résultats de l'Inventaire forestier national du Canada

L'Inventaire forestier national (IFN) est un sommaire national qui fournit des données statistiques sur les ressources forestières du Canada. Il renferme les données dont les décideurs canadiens ont besoin pour établir des politiques, respecter leurs engagements à l'échelle internationale et élaborer des critères et des indicateurs de l'aménagement durable des forêts.

L'Inventaire forestier national a été créé au début des années 1900. Jusqu'au début des années 1970, la cueillette des données se faisait à l'aide de questionnaires envoyés aux provinces. Les premiers questionnaires comprenaient entre 10 et 15 questions sur les forêts, leur superficie, leur volume, leur composition relative en résineux et en feuillus — des informations de base en somme. La version actuelle de l'Inventaire existe depuis 1981 et est le résultat d'une compilation des données de 48 inventaires provinciaux. Tel qu'il

2

est conçu, l'Inventaire ne permet cependant pas de répondre à certaines demandes qui lui sont adressées en raison des nouvelles exigences liées à l'information qui ont fait surface au cours des dix dernières années. Par voie de conséquence, le Comité de l'Inventaire forestier national, le Service canadien des forêts et l'industrie forestière ont conjugué leurs efforts en vue de concevoir un nouveau système comportant un réseau de places-échantillons réparties dans le paysage canadien.

La cueillette de données de base s'effectuera par télédétection, principalement à partir de photographies aériennes (environ 22 000 places), ainsi qu'un sous-échantillon de parcelles au sol (environ 2 500). L'objectif consiste à échantillonner 1% du territoire. D'importantes superficies du territoire canadien sont actuellement omises des inventaires provinciaux et n'ont fait l'objet d'aucune photographie aérienne. Nous entendons faire appel à l'imagerie satellitaire pour obtenir des données de base sur ces régions éloignées. Nous aurons également recours aux données satellitaires pour nous assurer que la distribution des places-échantillons n'est pas asymétrique et étendre l'inventaire au-delà de l'objectif de 1% prévu.

Jusqu'à récemment, les décideurs, qui utilisent les informations qui leur sont communiquées pour rédiger des rapports nationaux et internationaux, étaient nos principaux clients. En nous permettant d'amasser des données à jour sur l'état de nos forêts et de décrire leur évolution dans le temps, notre nouveau système nous aidera à diversifier notre clientèle. Nous serons en mesure de fournir des renseignements sur des questions susceptibles d'orienter l'élaboration des politiques, comme le changement climatique et la pérennité des forêts, et nous espérons pouvoir contribuer à l'étude de certaines questions liées à la biodiversité, comme la diversité des espèces, la diversité des couverts forestiers et l'évolution chronologique de la diversité. — **Mark Gills**, gestionnaire, Inventaire forestier national, Centre de foresterie du Pacifique ■

Maladies fongiques et biodiversité des agents pathogènes : diffusion de renseignements et partage d'expertise

Une de mes principales responsabilités au Centre de foresterie du Pacifique consiste à transmettre aux aménagistes forestiers les renseignements dont ils ont besoin pour diagnostiquer et identifier les maladies du peuplier. Comme l'exploitation du peuplier comme source de bois et de fibre présente un intérêt croissant, il devient important d'élaborer des outils diagnostiques de portée régionale afin d'aider les aménagistes à faire des choix de gestion éclairés et à opposer une lutte plus efficace aux agents pathogènes. C'est dans cette optique que nous avons conçu, au Centre de foresterie du Pacifique, une affiche sur les principales maladies du peuplier afin d'aider les travailleurs sur le terrain à identifier les agents pathogènes en cause. Plus récemment, nous avons publié un guide diagnostique détaillé sur les maladies du peuplier à l'intention des aménagistes forestiers, des pathologistes et des diagnosticiens. Cet ouvrage contient les noms communs à jour des agents pathogènes, des photographies des symptômes et des dommages, des microphotographies détaillées, des cartes de distribution et des instructions concernant le prélèvement d'échantillons à des fins de détection.

Nous nous intéressons également à la biodiversité des agents pathogènes. Je suis la conservatrice du plus important herbier de pathologie forestière de la côte ouest du Canada. Cette collection contient plus de 35 000 spécimens représentant plus de 3 300 espèces de champignons phytopathogènes. C'est une ressource indispensable pour identifier des maladies présumées ou en confirmer la présence. Comme il contient de nombreux spécimens types, qui servent de fondement à la description des espèces et à la comparaison d'échantillons subséquents, cet herbier présente un grand intérêt à l'échelle mondiale. Nous tenons à jour deux bases de données : une liste indexée de tous les agents fongiques répertoriés sur des plantes ou d'autres supports en Colombie-Britannique (*British Columbia Host-Fungus Index*) et une base de données contenant les données d'enregistrement de 21 000 spécimens de l'herbier. Ces deux bases de données sont présentées sur le site Web du Centre de foresterie du Pacifique. Il est donc aujourd'hui beaucoup plus facile d'accéder aux données amassées par le Centre. Fini le temps des bordereaux remplis à la main ou des recherches fastidieuses dans les classeurs! — **Brenda Callan**, mycologue, Centre de foresterie du Pacifique ■

Kelvin Hirsch

Recherche sur les feux de forêt : vulgarisation et applications

Même si notre clientèle se compose principalement d'organismes provinciaux de gestion des feux de forêt, nous commençons à travailler directement avec les entreprises forestières aux problèmes liés aux feux de forêt. Nous avons élaboré des techniques, des outils et des concepts qui tiennent compte du comportement des feux de forêt et de l'aménagement des forêts. Par exemple, nous avons récemment offert à l'Université de l'Alberta un cours de formation axé sur l'intégration de concepts liés aux feux de forêt, en particulier au niveau du paysage, à la planification de l'aménagement forestier. Les aménagistes forestiers connaissent la modélisation des forêts et de l'approvisionnement en bois, et les experts en feux de forêt connaissent le comportement du feu. Le cours avait pour objectif de lier les deux domaines de connaissances et de démontrer qu'il est possible d'adopter des stratégies à long terme capables de réduire les risques de grands feux de forêt.

L'expression « refroidir la forêt » décrit bien le concept que nous avons élaboré. Nous pensons que sur une période donnée, par divers moyens comme la conversion de zones stratégiques en remplaçant des conifères par des espèces décidues, il est possible de compartimenter une forêt. Lorsqu'un feu survient, au lieu de s'étendre sur des centaines de milliers d'hectares, il ne détruira qu'une zone limitée. Ce changement, en plus de présenter des avantages évidents en matière d'approvisionnement en bois, donne également une plus grande liberté d'action aux spécialistes de l'aménagement forestier et de la sylviculture et favorise le recours aux feux dirigés, aux fins de la gestion écologique. Si un aménagiste forestier vit dans la crainte permanente d'un feu de forêt catastrophique capable de détruire entièrement la capacité d'approvisionnement en bois d'une région, il ne pensera qu'à une chose : récolter le bois le plus tôt possible.

En ce qui concerne la vulgarisation, nous avons travaillé à la préparation d'un programme de formation à la lutte contre les feux de forêt sur CD-ROM, financé partiellement par la province d'Alberta. Ce programme est fondé sur la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt élaborée par le SCF et vise à compléter la formation offerte par les organismes provinciaux. Il comporte un ensemble de modules de formation, de règles de conversion de la végétation en types de combustibles, de données expérimentales sur le feu, de séances d'entraînement et de pratique, ainsi qu'un scénario de planification fondé sur un feu réel qui a détruit 21 000 hectares de forêt. Ce programme constitue un bon exemple de diffusion de nos informations aux principaux intéressés. Un élément important de mon travail consiste à déterminer les moyens de diffusion et d'application pratique des résultats des recherches. — **Kelvin Hirsch**, agent de recherche forestière, Centre de foresterie du Nord ■

Bryan Ely

Progrès en matière de recherche sur les feux de forêt et de systèmes de gestion des feux

Notre équipe a l'immense privilège de pouvoir compter sur les acquis de 75 ans de recherche sur les feux de forêt au SCF. Nos travaux, qui portaient au départ sur l'élaboration d'outils tactiques de lutte contre les feux, sont aujourd'hui surtout axés sur la surveillance et les dispositifs nationaux d'avertissement, la prévision du changement climatique, la pérennité des forêts, et d'autres problèmes d'aménagement des terres. Nous nous intéressons, mes collaborateurs et moi-même, à l'étude et à la modélisation des rapports fondamentaux qui existent entre le feu, la réaction de la végétation et les processus écosystémiques à l'échelle des peuplements et des paysages.

Nous sommes particulièrement fiers de l'accueil réservé, sur la scène nationale et internationale, aux systèmes d'aide à la décision mis au point au SCF pour la lutte contre les feux de forêt comme le Système de ges-

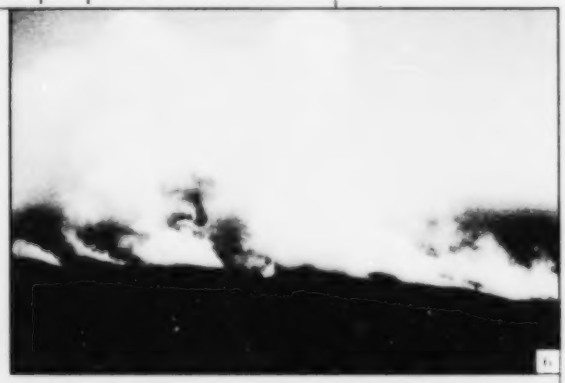
tion spatiale des feux de forêt (SGSFF). Il s'agit d'un logiciel qui utilise des données sur les conditions météorologiques, la configuration du terrain, la végétation et d'autres paramètres pour mesurer les risques d'incendie et en prévoir la fréquence et le comportement. À ce jour, le SGSFF a été mis en œuvre dans les provinces canadiennes de Colombie-Britannique, d'Alberta et de Saskatchewan, ainsi qu'en Floride et au Mexique. De plus, il sera bientôt adopté en Asie du Sud-Est, puisque le SCF a été invité, en collaboration avec l'Agence canadienne de développement international, à fournir des services de conseils et de technologie pour son installation en Indonésie.

Notre plus récente réalisation est le nouveau Système de surveillance, de cartographie et de modélisation des feux (SCM-Feu) qui fournit des informations et des statistiques quotidiennes sur les feux de forêt à l'échelle nationale. Élaboré en collaboration avec le Centre canadien de télédétection, ce système s'appuie sur l'imagerie satellitaire et sur la technologie des systèmes d'information géographique pour créer, presque instantanément, des images, des cartes, des modèles et des statistiques sur les feux de forêt au Canada. Nous sommes capables, pour la première fois, de compiler des données quotidiennes sur les superficies brûlées à l'échelle nationale. Nous sommes maintenant en mesure de localiser précisément les principaux feux de forêt et de traduire ces informations en estimations des superficies brûlées. Ce nouveau système améliore notre service national d'avertissement, augmente l'efficacité de la surveillance et de la cartographie des feux et démontre le savoir-faire canadien en matière de recherche sur les feux de forêt et de gestion des feux. — **Bryan Lee**, chercheur, Centre de foresterie du Nord ■

Brian Stocks

Évolution de la recherche sur les feux de forêt en zone boréale : d'une perspective régionale à une perspective mondiale

La recherche sur les feux de forêt au SCF a évolué depuis les années 1980. À cette époque, elle répondait principalement aux besoins des clients régionaux du Service. Le Centre de foresterie des Grands Lacs s'intéressait donc principalement à sa clientèle ontarienne, même si la plupart de ses travaux de recherche avaient une portée nationale. Nous avons fini par reconnaître cet état de fait et à voir dans notre recherche un élément important de coopération internationale.

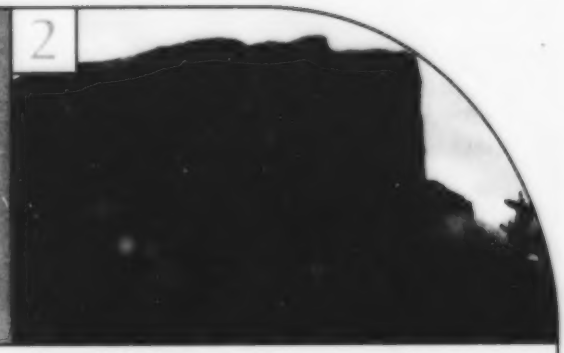


Notre engagement dans la recherche à l'échelle mondiale n'était pas prémédité : il s'est imposé du fait de notre croissance. À la fin des années 1980, nous avons commencé à inviter des chercheurs d'autres disciplines à certains de nos feux expérimentaux pour leur permettre d'étudier la chimie atmosphérique, les produits de la fumée et d'autres données relatives à ces tests. Par ailleurs, la sensibilisation croissante du public aux principaux problèmes environnementaux a favorisé la collaboration et la communication interdisciplinaire, tant à l'échelle nationale qu'internationale, entre les chercheurs de nombreux organismes différents. Ainsi, une fois qu'il a été démontré quelle incidence avaient les feux de forêt en zone boréale sur le changement climatique, beaucoup d'autres chercheurs ont commencé à collaborer avec nous dans cette zone forestière au Canada, en Russie et en Alaska. C'est dans ce contexte de croissance et de diversification des recherches du Centre que mon attention s'est peu à peu tournée vers la combustion de la biomasse à l'échelle mondiale, et sur ses conséquences pour l'environnement planétaire.

L'étude des effets projetés du changement climatique sur la forêt boréale est en train de devenir un volet important de la recherche forestière. Le Canada et la Russie se partagent environ 40 % des réserves mondiales de carbone. Or, le changement climatique menace l'équilibre actuel du cycle du carbone. On pense que ses effets seront surtout marqués sous les latitudes nordiques, où se trouvent les principales réserves de carbone. Toute accélération des régimes naturels de feux de forêt entraînera le rejet dans l'atmosphère de volumes considérables de ce carbone. D'autres pays voudront sans doute savoir comment le Canada compte faire face à cette situation. — **Brian Stocks**, chercheur principal, Centre de foresterie des Grands Lacs ■

2

Aménagement forestier durable : mesure des indicateurs



L'aménagement des forêts n'a jamais fait l'objet d'un examen critique aussi approfondi qu'aujourd'hui. De plus en plus, on exige des preuves mesurables établissant de façon convaincante que les forêts du Canada sont aménagées de manière à protéger les ressources forestières classiques et les valeurs non ligneuses au profit des générations présentes et futures. La capacité de démontrer devant les observateurs nationaux et internationaux que les pratiques forestières sont écologiquement rationnelles joue maintenant un rôle déterminant dans l'accès aux marchés mondiaux. Les gouvernements, l'industrie forestière et tous les intervenants qui participent à l'aménagement des forêts du Canada sont aujourd'hui tenus de démontrer au moyen d'indicateurs objectifs et clairement définis que cet aménagement se fait de manière durable.

Le Canada a pris des initiatives variées pour trouver des moyens efficaces de mesurer et de rendre compte des progrès accomplis vers l'objectif d'aménagement forestier durable. Ainsi, le Conseil canadien des ministres des forêts a élaboré un ensemble de critères et d'indicateurs, les entreprises forestières ont adopté des codes de pratiques variables et l'Association canadienne de normalisation a mis au point un système de certification des produits issus de l'aménagement forestier durable. Il convient toutefois de noter que certains des indicateurs de l'aménagement forestier durable échappent à la mesure directe et que la mise au point d'instruments efficaces permettant d'évaluer l'incidence des pratiques d'aménagement sur certaines valeurs non ligneuses demeure à faire. Les forêts sont des entités dynamiques qui évoluent avec le temps. Il faut donc établir une nette distinction entre les activités d'aménagement et celles qui résultent de processus forestiers naturels. Si certains indicateurs peuvent être mesurés efficacement à l'échelle d'un peuplement forestier, d'autres s'appliquent à tout un continent, voire à la planète entière. Quoi qu'il en soit, le Canada doit se doter de moyens plus directs et efficaces pour amasser et compiler des données sur la réaction des forêts aux activités d'aménagement et en rendre compte s'il veut démontrer sans équivoque qu'il gère ses forêts d'une manière responsable et durable.

Les recherches entreprises dans le cadre du programme de S-T du SCF sont axées sur la mise au point de méthodes, de modèles et d'instruments permettant de mieux mesurer les différentes caractéristiques des forêts et de rendre compte des réalisations et des progrès accomplis au chapitre de l'aménagement forestier durable. Étant donné la complexité et la diversité des processus forestiers, le succès des recherches menées à bien par les scientifiques du SCF repose souvent sur l'adoption d'une approche pluridisciplinaire. En effet, la planification et la mise en œuvre des programmes de recherche s'effectuent à des échelles géographiques et temporelles différentes et prévoient souvent l'établissement de partenariats et d'accords de collaboration avec les gouvernements provinciaux concernés, les représentants de l'industrie forestière et les universités. Une attention particulière est accordée à l'élaboration de méthodes permettant de mesurer et d'évaluer la biodiversité et l'état des forêts et d'établir des indicateurs de la durabilité à l'échelle des forêts, des peuplements ou du paysage. On étudie aussi les incidences possibles du changement climatique et des collectivités sur l'aménagement durable des forêts. En définitive, les recherches menées dans ces secteurs visent à établir des normes nationales régissant la collecte et l'interprétation des données. À titre de porte-parole national et de source d'expertise dans le domaine des sciences forestières, le SCF s'est engagé à rendre compte des progrès accomplis au chapitre de l'aménagement forestier durable à l'échelle du Canada.

Le SCF a entrepris des études sur le terrain en vue de caractériser la réponse des processus forestiers aux interventions d'aménagement, notamment en comparant

les processus de régénération du pin blanc en présence de différents régimes d'aménagement, en évaluant des systèmes sylvicoles parallèles dans des écosystèmes de feuillus tolérants en Ontario et en modélisant la succession forestière après un incendie dans les forêts mixtes de sapin baumier/épinette blanche du Québec. En Colombie-Britannique, le projet Chronoséquences des forêts côtières a permis d'évaluer les changements intéressant la biodiversité, le bilan du carbone et le cycle des éléments nutritifs occasionnés par la conversion de vieilles forêts tempérées en forêts aménagées. En Alberta, des scientifiques du SCF s'emploient à élaborer un système de classification des débris ligneux grossiers en vue de faciliter le recensement des microhabitats rares potentiellement menacés par l'exploitation forestière.

Les chercheurs du SCF s'occupent de recueillir des données de base sur les habitats et les écosystèmes qui faciliteront le recensement des espèces sauvages en péril et des écosystèmes forestiers essentiels à leur survie. Au Québec, deux projets de recherche sur les incidences de l'exploitation forestière sur les vieilles sapinières et sur l'importance des vieilles tremblaies comme habitat pour les insectes ont été complétés récemment. En Ontario, des scientifiques s'affairent actuellement à répertorier les indicateurs critiques dans les vieilles pinèdes blanches. D'autres chercheurs ont entrepris d'étudier certaines populations en péril comme la population terre-neuvienne de martres, dont la survie est intimement liée au sort des vieilles forêts, et la population ontarienne de becs-croisés des sapins, qui vit en étroite association avec les vieilles forêts, et de recenser les habitats forestiers essentiels à leur survie. Le rôle écologique d'espèces plus petites et moins visibles comme les arthropodes arboricoles dans les écosystèmes forestiers côtiers et maritimes retient également l'attention des chercheurs. Grâce au concours de l'Université de Victoria, en Colombie-Britannique, le SCF a entrepris une série d'études sur la diversité des coléoptères dans certaines vieilles forêts pluviales tempérées.

Les scientifiques du SCF s'efforcent de concevoir des méthodes pour préserver et protéger des essences en déclin comme le mûrier rouge, le noyer cendré et l'épinette rouge. D'autres chercheurs du SCF ont entrepris de mesurer la diversité génétique chez des essences constituant d'importantes sources de produits forestiers non ligneux, comme l'if du Canada et l'if de l'Ouest, et conçoivent des méthodes d'empreinte génétique adaptées aux populations de végétaux et d'insectes rares.

Pour mesurer avec plus de précision les incidences sociales, économiques et biologiques des nouvelles méthodes d'exploitation à grande échelle, les chercheurs du SCF ont entrepris des expériences à long terme en collaboration avec des partenaires provinciaux, industriels et universitaires. Dans le nord de l'Alberta, des chercheurs s'efforcent d'évaluer, dans le cadre du projet Gestion des écosystèmes par l'étude du feu en tant que perturbation naturelle (EMEND), l'efficacité de méthodes d'exploitation novatrices simulant l'effet des perturbations naturelles causées par le feu dans la forêt boréale. Également en Alberta, une autre équipe de chercheurs (projet de la rivière Hotchkiss) s'emploient à concevoir des techniques sylvicoles destinées à protéger contre les chablis la régénération préétablie d'épinettes blanches après la récolte de l'étage supérieur des tremblaies.

En Colombie-Britannique, dans le cadre du projet Systèmes sylvicoles de substitution en forêt montagnarde (MASS), des chercheurs évaluent actuellement l'efficacité et les coûts opérationnels de divers systèmes sylvicoles parallèles et étudient les effets biologiques et sylvicoles des pratiques d'aménagement forestier sur les forêts subalpines du littoral. Participent à cette étude concertée pluridisciplinaire le SCF, Industrie Canada, le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, l'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC), MacMillan Bloedel Limitée (aujourd'hui Weyerhaeuser Company Limited), l'Université de Colombie-Britannique et l'Université de Victoria.

Englobant neuf sites de recherche distincts au Québec et en Ontario, l'Effort concerté pour lier l'écophysiologie à la productivité forestière (ECOLEAP) a pour but de cerner les effets des facteurs environnementaux sur la croissance des arbres et d'établir un lien entre ces facteurs et la productivité des forêts. Ce projet est le résultat d'une collaboration entre des chercheurs du SCF et un réseau de partenaires du Canada et d'autres pays. Des études pluridisciplinaires sur la télédétection, le mesurage, l'écophysiologie et la modélisation des facteurs dont dépend la productivité des écosystèmes forestiers sont réalisées à l'échelle des feuilles, des arbres et des parcelles. En bout de ligne, on espère élaborer un modèle prévisionnel de la productivité des stations forestières ainsi qu'une méthode permettant d'appliquer ce modèle à de vastes zones boisées.

Pour recueillir et mesurer des données écologiques utiles à des échelles très vastes, comme des écorégions ou

des paysages forestiers entiers, des chercheurs du SCF s'affairent présentement à mettre au point un éventail d'instruments et de méthodes de télédétection. Parmi les technologies en cours d'élaboration, mentionnons la photo-identification automatique des changements touchant les limites des forêts et les chemins d'accès, l'évaluation de l'état des forêts par analyse de photographies aériennes et d'images satellitaires à haute résolution, l'emploi de lasers à balayage aéroportés pour estimer la hauteur des peuplements forestiers et l'application d'images numériques multispectrales pour détecter les dégâts infligés aux forêts par les insectes et les maladies.

Tant à l'échelle locale que régionale et nationale, le SCF participe à des projets de recherche visant à surveiller et à évaluer l'état des forêts du Canada et à diffuser les résultats de ces évaluations. Ce faisant, le SCF continue de fournir des renseignements écologiques d'une importance cruciale et de démontrer aux observateurs nationaux et internationaux que le Canada enregistre d'authentiques progrès dans le domaine de l'aménagement forestier durable.

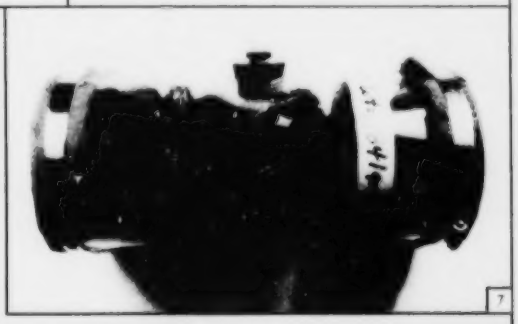
Entreposage et conservation des semences : préservation de la biodiversité

7

des paysages forestiers entiers, des chercheurs du SCF s'affairent présentement à mettre au point un éventail d'instruments et de méthodes de télédétection. Parmi les technologies en cours d'élaboration, mentionnons la photo-identification automatique des changements touchant les limites des forêts et les chemins d'accès, l'évaluation de l'état des forêts par analyse de photographies aériennes et d'images satellitaires à haute résolution, l'emploi de lasers à balayage aéroportés pour estimer la hauteur des peuplements forestiers et l'application d'images numériques multispectrales pour détecter les dégâts infligés aux forêts par les insectes et les maladies.

Tant à l'échelle locale que régionale et nationale, le SCF participe à des projets de recherche visant à surveiller et à évaluer l'état des forêts du Canada et à diffuser les résultats de ces évaluations. Ce faisant, le SCF continue de fournir des renseignements écologiques d'une importance cruciale et de démontrer aux observateurs nationaux et internationaux que le Canada enregistre d'authentiques progrès dans le domaine de l'aménagement forestier durable.

Entreposage et conservation des semences : préservation de la biodiversité



7

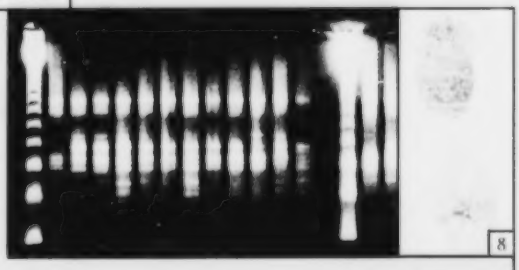
Un des moyens de protéger une espèce d'arbre menacée ou en danger de disparition consiste à conserver sa semence. Le noyer cendré est menacé dans toute son aire de répartition par le chancre du noyer. L'issue de l'infection est toujours fatale. Malheureusement, dans le cas du noyer cendré, la solution au problème ne peut se limiter à recueillir et à entreposer les graines jusqu'à ce que la maladie soit réprimée ou éliminée. Il existe deux catégories de graines, soit les orthodoxes et les récalcitrantes. Les graines orthodoxes se conservent durant de très longues périodes pouvant atteindre 50 ans. En revanche, les graines récalcitrantes ne tolèrent ni la dessiccation, ni l'entreposage. Les graines du noyer cendré font malheureusement partie de cette dernière catégorie et, après deux ou trois années d'entreposage, elles ne sont plus viables.

Pour conserver les graines du noyer cendré, nous avons d'abord eu recours à des méthodes conventionnelles comme l'entreposage dans des bocaux à conserve. Nous utilisons maintenant un nouveau dispositif, qui se présente sous la forme d'un segment de tube en plastique. Ce tube est fermé aux deux extrémités par un bouchon qui assure une bonne circulation d'air et prévient la condensation, tout en permettant aux graines de conserver un fort pourcentage d'humidité. L'utilisation de ce nouveau dispositif nous a permis de prolonger d'un an la durée de viabilité des graines du noyer cendré. Cette extension nous a également permis d'évaluer une autre méthode fondée sur la conservation cryogénique de l'axe embryonnaire des graines. Lorsqu'une graine est cueillie directement à partir de l'arbre ou immédiatement après sa chute au sol, l'embryon ne résiste pas à une immersion dans l'azote liquide, une des étapes du procédé de conservation cryogénique. Par contre, lorsqu'on entrepose la graine pendant douze mois dans un tube pour ensuite exciser et conserver l'embryon par cryogénie, la tolérance à l'exposition à l'azote liquide augmente. Même après quatre mois d'entreposage en conditions de surcongélation, l'embryon parvient à germer et à produire des semis viables.

Nous nous intéressons également à la physiologie des graines de l'érable rouge et de l'érable argenté. Bien que ces espèces soient si étroitement apparentées qu'elles peuvent produire des hybrides, l'érable rouge produit des graines orthodoxes, tandis que l'érable argenté donne des graines récalcitrantes. L'abscissine, une hormone végétale qui induit la chute des feuilles et inhibe la germination, pourrait être à l'origine de cette différence. Nos recherches ont révélé que chez l'érable argenté, la teneur en abscissine des graines est élevée, mais diminue rapidement juste avant la chute des graines, alors que chez l'érable rouge, cette teneur demeure élevée jusqu'à la chute des graines. Lorsqu'on applique un ralentisseur de croissance sur des graines d'érable argenté, celles-ci conservent leur forte teneur en abscissine et résistent par la suite à la dessiccation. Toutefois, les graines ne réagissent au ralentisseur de croissance qu'à un moment critique de leur développement. Nous

tentons actuellement de déterminer exactement quand cette période critique survient, car celle-ci varie d'une année à l'autre. — **Tannis Beardmore**, chercheur, Centre de foresterie de l'Atlantique ■

Linda DeVerno — Techniques de contrôle de la biodiversité et de la stabilité génétique fondées sur l'ADN



8

On peut utiliser l'ADN des arbres, des insectes et des champignons des forêts pour contrôler la biodiversité et évaluer les effets des méthodes d'aménagement forestier sur les écosystèmes, les espèces et les gènes. L'analyse de l'ADN par électrophorèse permet d'obtenir l'empreinte génétique d'un organisme. On peut ainsi distinguer des espèces étroitement apparentées, et même identifier, dans le milieu naturel, des hybrides indétectables par d'autres moyens. Par exemple, un entomologiste du SCF nous a soumis des spécimens de tordeuses qui ne répondaient pas à la description traditionnelle de la tordeuse du pin gris ni à celle de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. L'examen de l'ADN de ces insectes a révélé des caractéristiques propres aux deux espèces, et nous a fait conclure qu'il s'agissait d'hybrides. Même si on peut obtenir l'hybridation de ces deux espèces en laboratoire, les chercheurs avaient toujours cru que de tels hybrides n'existaient pas dans le milieu naturel. Depuis, l'analyse de l'ADN provenant de spécimens de musée a permis de déterminer que des hybrides de tordeuses existent bel et bien dans la nature depuis au moins 1943. Nous avons en outre démontré que l'ADN, même provenant d'organismes morts et desséchés, peut servir à suivre le déroulement de tels phénomènes dans le milieu naturel.

Kevin Burgess, un étudiant de maîtrise travaillant sous ma direction à l'Université de Guelph, en Ontario, a appris à utiliser la technique de l'empreinte génétique pour identifier le mûrier rouge, une espèce indigène que l'on considère comme en péril au Canada. À cause de l'hybridation avec le mûrier blanc, introduit d'Asie au milieu du XIX^{e} siècle, le mûrier rouge pur est devenu extrêmement rare : il n'en reste que six populations au Canada. Nous cherchons à savoir si les populations canadiennes, qui se trouvent à la limite nord de l'aire de répartition de l'espèce, ont des caractéristiques génétiques uniques. Il s'agit d'un problème semblable à celui de la tordeuse. Sur le terrain, il est impossible de distinguer les espèces pures des hybrides. Nous utiliserons l'ADN provenant de spécimens d'herbiers recueillis avant l'introduction du mûrier blanc au Canada afin d'établir une référence génétique pour les espèces indigènes.

En collaboration avec Y. S. Park, un autre chercheur, j'ai également utilisé l'ADN pour évaluer la stabilité génétique de clones de conifères conservés à très basse température et pour confirmer que les clones embryogènes somatiques des diverses espèces de pins se composent d'un seul génotype, et non de plusieurs. Les mêmes techniques fondées sur l'ADN ont servi à distinguer des champignons indigènes et des champignons introduits justiciables de quarantaine, et des coléoptères indigènes et exotiques. — **Linda DeVerno**, biologiste moléculaire, Centre de foresterie de l'Atlantique ■

Christian Hébert — Mesure et conservation de la biodiversité des arthropodes forestiers

La conservation de la diversité biologique est le premier critère du développement durable. Les animaux qui figurent dans les listes des espèces en danger de disparition, vulnérables ou menacées au Canada sont presque tous des vertébrés, mais les insectes forestiers sont beaucoup plus diversifiés que les vertébrés. Je travaille à l'élaboration d'outils et de stratégies de contrôle de la biodiversité des arthropodes forestiers, c'est-à-dire des insectes et des invertébrés apparentés.

Un de mes projets réalisés en collaboration avec l'Université Laval, à Québec, et le ministère québécois des Ressources naturelles, consiste à mesurer l'incidence des pratiques forestières sur les communautés d'insectes.

Nous avons comparé les populations de coléoptères dans les peuplements commercialisables de sapins baumiers ayant fait l'objet d'une récolte il y a 50 ans à celles trouvées dans des peuplements de sapins baumiers vieux d'environ 100 ans. Cette comparaison donne un aperçu des effets de la modification de l'habitat, un facteur important pour la biodiversité. Nous avons besoin d'étudier l'évolution chronologique de la répartition d'une espèce pour connaître les effets véritables des pratiques forestières. Les vieux peuplements constituent un élément important de l'élaboration des stratégies de préservation de la biodiversité, et nous espérons que les données que nous recueillons aideront à convaincre plus de gens de la valeur scientifique de ces peuplements.

Nous travaillons en outre à la caractérisation de la communauté des arthropodes dans les vieux peuplements de sapins baumiers de l'île d'Anticosti, dans le golfe du Saint-Laurent. Le broutage sélectif des jeunes sapins et des espèces décidues par le cerf de Virginie, une espèce introduite dans l'île il y a un siècle, modifie constamment cette forêt. En collaboration avec la Société des établissements de plein air du Québec (SEPAQ) et le ministère québécois de l'Environnement et de la Faune, je travaille à la construction d'une clôture légère en polypropylène qui permettra de protéger une zone d'un kilomètre carré contre le broutage par les cerfs. Nous prévoyons un changement rapide de la zone ainsi isolée, y compris une augmentation de la densité de la végétation au sol, une baisse de la température du sol, une hausse de son humidité et une augmentation du nombre d'insectes et de champignons. Nous souhaitons déterminer dans quelle mesure il est possible de rétablir la biodiversité dans ce type de forêt endommagée.

En collaboration avec des chercheurs de partout au pays, nous envisageons de créer une base de données nationale des collections existantes d'insectes. De très nombreux spécimens d'insectes sont conservés dans les collections canadiennes qui constituent en fait des bases de données de référence « dormantes ». Avec un système de gestion des bases de données comme celui mis au point à l'Université du Québec à Chicoutimi, nous serions mieux en mesure de déterminer quelles sont les espèces d'insectes dont les aires de distribution sont actuellement réduites. — **Christian Hébert**, entomologiste, Centre de foresterie des Laurentides ■

Rôle des vieilles pinèdes blanches dans la biodiversité régionale

Comme le pin blanc est la plus grande espèce d'arbre de l'est de l'Amérique du Nord et l'une de celles qui affichent la plus grande longévité, il procure un habitat unique à la faune forestière. Vue à vol d'oiseau, la pinède blanche ressemble à un tapis vert parsemé d'érables, d'épinettes et de hêtres, les grands pins blancs dominant de loin tous leurs voisins, par leur hauteur. Elle se distingue des autres forêts de la zone boréale dont les arbres ont tendance à être tous de la même hauteur et du même âge. Les vieilles pinèdes blanches, où la biomasse totale accumulée dans la forêt est en déclin, peuvent durer jusqu'à cent vingt ans et passer par de multiples cycles de feux de forêt et de changements complets des espèces du sous-étage. Nous cherchons à déterminer le rôle que jouent ces forêts dans la biodiversité générale du paysage.

Mes recherches portent en particulier sur l'identification de guildes distinctes d'organismes qui font un usage particulier de la structure d'une vieille forêt. Nous avons découvert qu'un groupe d'espèces de chauve-souris, en Ontario, qui vivent de préférence dans les peuplements de pins blancs semble constituer un bon indicateur d'un vieux peuplement. Plusieurs de ces espèces de chauve-souris se reproduisent en colonies à l'intérieur des arbres. Elles ont besoin d'une forêt parvenue à une structure d'âge particulière, abritant une population particulière de pics qui créeront pour elles des sites de nidification propices. En outre, les insectes dont

les chauve-souris se nourrissent doivent être présents en nombre suffisant pour permettre leur reproduction. L'étage supérieur créé par les pins blancs joue un rôle critique dans cet écosystème. Certaines des chauve-souris que nous étudions sont plutôt grosses et maladroites, et donc incapables de chasser dans l'encombrement de branches du sous-étage. Or, comme les grands pins blancs sont passablement espacés, ils ménagent pour ces espèces un espace propice à la chasse aux insectes.

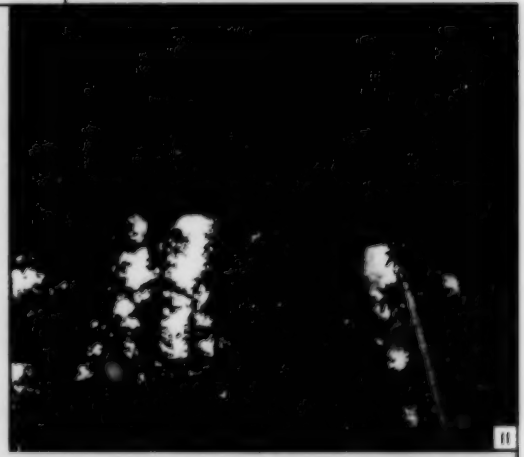
Nous avons également entrepris la difficile tâche de consigner l'histoire et la structure des vastes pinèdes blanches anciennes qui existaient jadis, dans l'est du Canada, avant l'intervention des humains. Il existe des registres historiques de levés, mais la densité des pins blancs risque d'avoir été sous-estimée par les arpenteurs de l'époque. La méthode utilisée consistait à se déplacer à pied dans la forêt en notant les espèces rencontrées, et il est ainsi probable que de nombreux pins blancs soient passés inaperçus à cause de la hauteur de leurs branches. On peut mesurer la fréquence des souches de pin blanc dans les zones où des coupes ont été effectuées et qui ont échappé aux feux de surface. Certains peuplements de pins blancs n'ont jamais été exploités et peuvent donc être comparés à d'autres peuplements du paysage. Dans ce type de recherche, le spécialiste de l'écologie des paysages doit presque jouer un rôle d'historien.

Cette recherche débouchera notamment sur l'élaboration de modèles capables de prédire la présence d'espèces en se fondant sur le type de forêt. On pourra ainsi formuler des recommandations concernant la proportion des vieux peuplements nécessaires pour maintenir la biodiversité et sur la façon dont on pourrait gérer les peuplements existants pour en préserver la biodiversité. Les informations que nous pourrons fournir à l'industrie forestière aideront cette dernière à maintenir les rapports fonctionnels qui existent entre les processus forestiers et les populations animales. — **Ian Thompson**, écologiste de la faune forestière, Centre de foresterie des Grands Lacs ■

10

Délimitation des cimes des arbres à l'aide d'images multispectrales à haute résolution

Grâce au système informatisé de contrôle forestier que j'ai mis au point en collaboration avec mon collègue Don Leckie, on peut *véritablement* affirmer que c'est à sa cime qu'on connaît l'arbre. Ce système utilise en guise de sources de données des images multispectrales à haute résolution spatiale obtenues par télédétection. Il permet de choisir des cimes individuelles d'arbre, de les classer par espèce et de regrouper les espèces par peuplements. Il utilise la répartition des zones ombragées au milieu des cimes des arbres dans une forêt typique de densité moyenne à élevée et, à l'aide d'un algorithme à base de règles, permet de délimiter les cimes. Le système n'est pas encore entièrement automatisé; il nécessite l'intervention d'un interprète qui détermine les zones ne contenant qu'une seule espèce d'arbre, ou même des arbres individuels, afin de générer



11

des signatures numériques. Ces signatures sont ensuite classées aux fins du traitement de l'image entière.

Une fois les cimes individuelles délimitées, on peut également générer des images thématiques qui permettent de quantifier les statistiques sur la densité de la couverture, les trouées, la répartition des trouées et la répartition des arbres, et utiliser ces paramètres pour comparer les peuplements. Comme toutes les images sont liées à une position géographique, on peut déterminer l'emplacement de chaque arbre. Le système permet également d'analyser la régénération dans les plantations. Nos techniques d'analyse diffèrent légèrement dans le cas des plantations, mais elles se sont avérées passablement utiles pour la détermination de la densité des semis et des reboisements.

L'utilisation d'images multispectrales permet de générer des couleurs qui facilitent la reconnaissance des espèces, chacune se voyant attribuer une couleur différente. Lorsqu'on compare la classification générée à l'aide de notre système avec l'échantillonnage réalisé sur place dans les mêmes peuplements, on obtient une marge d'erreur qui n'est souvent que de 10 % à 20 %. À l'avenir, nous poursuivrons le perfectionnement du système pour le rendre encore plus intelligent. À l'heure actuelle, il dépend de la couleur et de l'image multispectrale de la cime des arbres pour reconnaître les espèces. Nous souhaitons faire en sorte qu'il reproduise plus fidèlement la façon dont l'œil humain interprète les photographies en utilisant la texture ou la structure des cimes pour reconnaître les espèces. — **François Gougeon**, analyste d'images et chercheur, Centre de foresterie du Pacifique ■

Élaboration de modèles spatiaux du paysage pour l'étude des problèmes de gestion et d'établissement des politiques

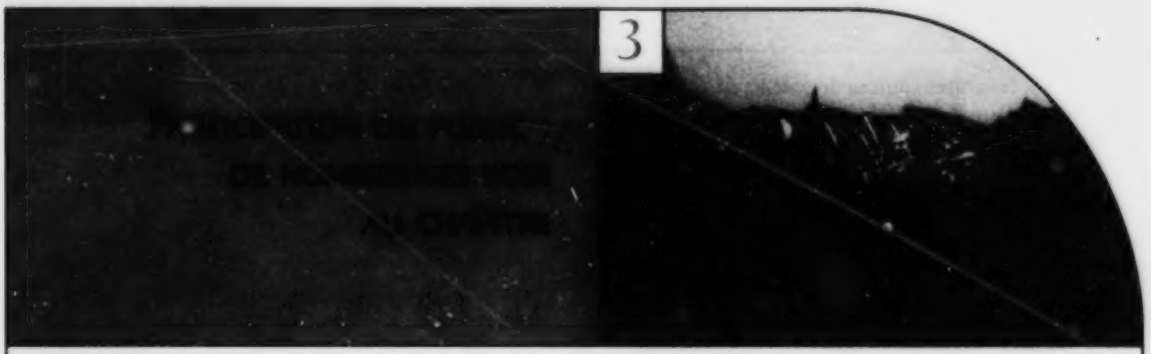
Notre travail consiste à élaborer des données, des outils et des méthodes visant à régler des problèmes de gestion et d'élaboration des politiques à l'échelle du paysage, et à prendre des décisions plus éclairées au sujet de la biodiversité, de la conservation et du changement climatique. Nous utilisons divers types de données et de systèmes d'information géographique (SIG) pour élaborer des modèles spatiaux, en portant une attention particulière à l'étude des variations spatiales inhérentes à la répartition des espèces, à leur abondance et à leur productivité. Tous les conflits d'utilisation des ressources ont trait à ce genre de questions.

Le modèle national d'élévation numérique est l'ensemble de données le plus utile que nous ayons mis au point jusqu'à maintenant. Il s'agit d'une grille informatisée de latitudes, longitudes et élévations applicable à la cartographie et à l'analyse des types de données, y compris les données climatiques passées et présentes de l'ensemble du pays. Les modèles climatiques permettent d'utiliser des groupes de données biologiques — par exemple, les relevés annuels des dommages causés par les insectes ou de la végétation — et d'y joindre des variables climatiques. Nous cherchons également à incorporer des données de télédétection qui permettent d'analyser les distributions sur de très vastes superficies par rapport aux conditions climatiques, aux structures de la végétation et à d'autres facteurs. Nous avons déjà mis au point des applications portant sur les oiseaux, l'orignal, les reptiles et les amphibiens, et les maladies des arbres.

Les outils qui donnent un aperçu spatial du paysage ouvrent la voie à une meilleure évaluation des compromis nécessaires dans la prise de décisions de gestion des ressources. Nous avons besoin en quelque sorte d'une analyse des compromis qui permettra de gérer les ressources en bois d'œuvre à l'échelle locale, tout en prenant des décisions stratégiques concernant le paysage à une échelle beaucoup plus vaste — les limites correspondant à la source de bois d'œuvre d'un

peuplement ne coïncident pas nécessairement avec l'aire de répartition d'une espèce animale donnée. Nous devons savoir où sont les éléments les plus importants du paysage pour protéger les espèces et pour favoriser la croissance des arbres. Si les aménagistes forestiers sont capables d'identifier les éléments importants du paysage pour une valeur donnée, ils pourront coopérer avec les biologistes et les gestionnaires de la faune à l'élaboration de plans de récolte qui assureront la pérennité d'habitats propices en quantité suffisante dans le paysage.

Beaucoup de notions propres aux ressources sont abstraites et complexes. La notion d'habitat elle-même, la façon dont les humains considèrent les rapports d'une espèce donnée avec son environnement, est abstraite. Nous cherchons à élaborer un ensemble fondamental de données primaires qui permettront aux écologistes, aux forestiers et aux gestionnaires des terres non seulement d'explorer ces notions mais également de les visualiser. Le climat, le sol, la topographie et la végétation actuelle sont au centre de nos préoccupations. La prise en compte de toutes ces informations peut paraître impossible, mais les ordinateurs et le SIG permettent de le faire mieux que jamais auparavant. Si quelqu'un nous soumet un problème concernant une espèce particulière, nous avons la capacité de faire des observations, de réaliser des analyses et de produire une carte. Cette carte peut fort bien être inédite et soulever toutes sortes d'autres questions, mais c'est un outil dont nous étions privés auparavant. — **Dan McKenney**, chef, Analyse des paysages et applications, Centre de foresterie des Grands Lacs ■



3

Participation du public : de nombreuses voix au chapitre

Au Canada, que ce soit directement ou indirectement, une personne sur seize vit de la forêt, et 94 % des terres boisées sont des terres publiques. Dans une large mesure, l'histoire du Canada suit de près l'évolution des rapports entre notre société et la forêt, depuis l'exploration et l'exploitation jusqu'à l'aménagement durable, et, finalement, jusqu'au développement durable et à la gérance de la planète. Au chapitre des ressources forestières, toutes les Canadiennes et tous les Canadiens sont des partenaires économiques.

Il ne faut donc pas s'étonner que de multiples intervenants manifestent clairement leur intention de participer directement aux décisions touchant la répartition et l'utilisation des ressources forestières. Même si les méthodes classiques de gestion des ressources forestières demeurent valables, il faut désormais envisager le développement économique des forêts dans une perspective plus diversifiée intégrant les valeurs autochtones et communautaires. Dans le passé, les recherches sur l'économie forestière portaient essentiellement sur l'emploi, l'expansion des marchés, les perspectives d'exportation et la réunion des conditions nécessaires à la stabilité économique. Ces recherches continuent de revêtir une importance cruciale pour la caractérisation d'un des secteurs les plus dynamiques et les plus complexes de l'économie canadienne. Toutefois, à mesure que les exigences augmentent et que les perspectives se diversifient, il devient essentiel d'évaluer de façon plus précise les contributions à l'économie des valeurs non comptables de la forêt, comme le tourisme, les loisirs et les moyens traditionnels de subsistance. L'élément humain doit occuper une place plus importante en foresterie.

Pour tous les intéressés, la nécessité de contrebalancer divers intérêts sociaux tout en préservant l'état de santé économique et biologique d'un segment crucial de l'économie canadienne complique sérieusement la gestion des ressources forestières. Il faut donc améliorer les méthodes permettant d'évaluer les effets sociaux des plans d'aménagement forestier et raffiner les mécanismes de consultation du public et de règlement des conflits.

Les recherches socio-économiques du SCF sont centrées sur la pérennité des communautés, les valeurs forestières non ligneuses, l'analyse des répercussions socio-économiques de l'aménagement forestier et l'évaluation de la compétitivité du secteur forestier canadien sur les marchés mondiaux. Les travaux visent principalement à mettre au point des instruments permettant de mesurer les préoccupations et les attitudes du public à l'égard de la gestion des ressources. L'un des principaux axes de recherche est la conception de critères et d'indicateurs de l'aménagement forestier durable avec le concours du Programme de forêts modèles et des forêts modèles de l'ensemble du pays. Les forêts modèles se prêtent particulièrement bien à des recherches socio-économiques, car les participants au programme sont directement concernés par les utilisations de la forêt et exercent une influence à ce chapitre. Le SCF planifie de mettre en œuvre un projet national axé sur les indicateurs socio-économiques de l'aménagement forestier durable.

En Alberta, des chercheurs du SCF mènent actuellement une étude dans la Forêt modèle de Foothills en vue de mieux cerner les valeurs que le public attache à la forêt et les perceptions qu'il se fait de l'aménagement des forêts dans la province. Ce projet prévoit notamment l'établissement de méthodes de mesure uniformes applicables à l'ensemble des groupes d'intervenants et des populations du pays.

Au Québec, le SCF et le ministère des Ressources naturelles du Québec ont collaboré à une étude sur la main-d'œuvre forestière de la province en vue de brosser des profils démographiques et d'amasser des données sur la productivité, les salaires, les conditions de travail

et les autres sources de revenu de travailleurs du secteur de l'aménagement forestier. Dans le cadre du deuxième volet de l'étude, réalisé en 1999, un sondage portant sur certains éléments qualitatifs comme le degré de satisfaction au travail, la sécurité au travail et la formation a été administré.

Au Nouveau-Brunswick, un groupe de chercheurs se penche actuellement sur les liens entre la foresterie et le développement rural. Les résultats seront consignés dans un document qui soulignera les rapports entre la foresterie et le développement rural et formulera des recommandations concernant les recherches futures. Ce rapport sera suivi d'une évaluation des initiatives forestières à valeur ajoutée lancées dans le Canada atlantique. Une autre équipe de chercheurs s'affaire à cartographier les indicateurs sociaux de la pérennité des collectivités. À cette fin, elle convertit les données de recensement de Statistique Canada en tableaux, schémas et histogrammes faciles à déchiffrer et les installe dans un fureteur Web avec d'autres données socio-économiques liées à la dépendance à l'égard de la forêt. D'autres chercheurs étudient les communautés tributaires des ressources dans le Canada rural, ou encore la comptabilisation des ressources naturelles et les moyens d'intégrer les objectifs de planification de l'aménagement dans les modes de faire-valoir.

Pour mieux comprendre les facteurs économiques qui se rattachent aux utilisations non comptables de la forêt, des chercheurs du SCF ont mené des études approfondies sur l'emploi dans le secteur touristique et sur l'écotourisme dans les communautés tributaires des ressources. D'autres études visant à cerner les attitudes du public à l'égard de l'aménagement forestier durable, à évaluer l'incidence de l'exploitation des forêts sur la chasse sportive et à déterminer les attitudes des amateurs de loisirs à l'égard de l'aménagement des forêts ont permis la conception de modèles permettant d'établir un lien entre les attitudes et les choix économiques du public. Par ailleurs, un modèle d'impact du développement communautaire élaboré avec le concours des chercheurs du SCF a servi à mesurer les impacts économiques touchant le secteur forestier dans le nord de l'Ontario. Ce modèle a permis d'estimer avec précision les suppressions d'emplois attribuables aux récentes compressions imposées par l'industrie.

En collaboration avec l'Institut finlandais de recherches forestières et le Département d'économie forestière de l'Université d'Helsinki, des chercheurs du SCF ont étudié les valeurs et les préférences des humains face à la biodiversité. Les résultats obtenus sont directement applicables au processus de prise de décisions concernant la conservation. D'autres chercheurs du SCF ont également participé à l'analyse des politiques forestières en vigueur dans les principales régions productrices de bois résineux du monde, et ils s'emploient présentement à évaluer la compétitivité des produits forestiers de la Colombie-Britannique sur le marché japonais. Ils ont également entrepris d'examiner les incidences économiques, sociales et environnementales de l'introduction de ravageurs exotiques au Canada. Des recherches menées de concert avec le gouvernement de l'Alberta en vue de mesurer la rentabilité des stratégies fructueuses sur l'aménagement des forêts de cette province. En collaboration avec l'Université de l'Alberta à Edmonton, le SCF a entrepris une étude des incidences socio-économiques et des réactions d'adaptation au changement climatique. De même, la participation du SCF aux programmes de financement du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada a généré de nouvelles possibilités pour les étudiants des deuxième et troisième cycles souhaitant entreprendre des recherches socio-économiques sur divers fronts.

Les recherches socio-économiques futures seront axées sur l'élaboration de critères et d'indicateurs de l'aménagement forestier durable et sur les questions autochtones, en particulier l'intégration des connaissances ancestrales aux pratiques d'aménagement des forêts. Le SCF entend par ailleurs poursuivre ses recherches sur la dépendance et la stabilité des communautés tributaires des ressources forestières, l'analyse des possibilités à valeur ajoutée et la foresterie à petite échelle et sur les terres privées. Il prévoit aussi étudier les facteurs socio-économiques qui se rattachent au changement climatique, y compris les aspects économiques liés aux bilans du carbone et les incertitudes se rattachant aux modèles de séquestration du carbone dans les forêts boréales du Grand Nord.

Pour l'heure, un grand nombre d'intervenants cherchent à se faire entendre. De nombreux Canadiens tiennent à participer aux décisions qui touchent les forêts et à profiter des ressources qu'elles renferment. En se concentrant sur la dimension humaine de l'aménagement et de l'économie des forêts, les chercheurs du SCF contribuent à l'enrichissement des connaissances et à l'élaboration de modèles et d'instruments permettant de mieux connaître les préoccupations exprimées par les multiples intervenants canadiens.

Peter Boxall

Mesure de l'importance économique et sociale des ressources non ligneuses

L'absence de modèles et de données est un des problèmes des études socio-économiques. C'est ce qui m'a poussé à consacrer mes recherches à l'élaboration de modèles et à la production de données. Avec l'aide de mes collègues du SCF et de chercheurs du Réseau de centres d'excellence sur la gestion durable des forêts, à Edmonton, j'ai étudié les ressources non ligneuses, et notamment les biens et les services y afférents, et procédé à des estimations de leur prix. Nombre des avantages sensibles de la forêt ne figurent pas nécessairement dans le produit intérieur brut.

Nous nous intéressions surtout au départ aux informations qui pourraient servir à élaborer des modèles et à déterminer des valeurs. Nous nous penchons désormais sur des problèmes moins tangibles ayant trait à la biodiversité, et notamment sur la recherche de compromis entre la création ou la perte d'emplois et la protection d'espèces menacées comme le grizzli. Je travaille en étroite collaboration avec des chercheurs forestiers et des biologistes de la faune puisque dans le cas des richesses non ligneuses comme le grizzli, il importe de déterminer comment les pratiques forestières influent sur les populations animales et d'évaluer le coût de la décision de protéger cette population d'ours. On se retrouve très souvent devant un dilemme : que sera-t-on prêt à sacrifier pour jouir des ressources non ligneuses et existe-t-il des moyens de limiter ces sacrifices?

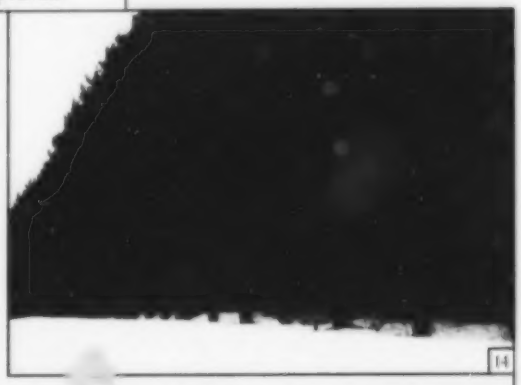
Nous avons conçu plusieurs projets visant à mesurer la valeur des ressources non ligneuses. L'un d'eux portait sur le canotage en pleine nature, dans un parc provincial du bouclier canadien. Le « bien de consommation » du canoteur est la forêt qu'il traverse. À l'aide d'un système de compilation, nous avons noté les endroits visités par les canoteurs et ceux qu'ils évitent. Nous avons ensuite utilisé cette information pour créer des modèles de prédiction des choix d'itinéraires. En liant ces résultats à d'autres données d'études sur le terrain et d'inventaires forestiers, nous avons constaté que les canoteurs préfèrent les écosystèmes matures de pins gris à ceux constitués d'épinettes noires. Les premiers se prêtent plus facilement au camping et abritent moins de moustiques. Par ailleurs, les canoteurs n'aiment pas traverser des zones incendiées, mais ils affichent une préférence pour les secteurs où on a pratiqué des coupes en laissant, le long de chaque rive, une bande tampon intacte. Les parcelles de coupe sont moins étendues que les zones brûlées et font d'excellents habitats pour l'orignal, augmentant ainsi les possibilités d'observation de cet animal. Dans le cadre d'une autre étude, nous avons pris des photographies de scènes forestières et élaboré un modèle de régression fondé sur la valeur attachée par les gens aux caractéristiques visuelles des photographies. Nous avons constaté que les peuplements endommagés par des insectes ne sont pas jugés attrayants, même lorsque les observateurs ignorent que les insectes en sont la cause.

Nos études permettent de créer la forêt idéale du canoteur : elle est constituée de vastes écosystèmes de pins gris matures, parsemés de quelques parcelles de coupe et exempts de toute trace de feux ou de dommages causés par les insectes. Nous possédons ainsi un modèle qui établit un lien entre le canotage et l'exploitation forestière, les écosystèmes forestiers, les feux de forêt et, indirectement, les habitats de la faune. Toutefois, le chasseur d'orignal risque de manifester des préférences différentes. Le problème consisterait donc à pratiquer l'exploitation forestière sans nuire à la valeur que présente la forêt pour les chasseurs et les canoteurs (ou, à tout le moins, en limitant les dégâts) et, dans la meilleure

des hypothèses, en améliorant leur qualité. Pour un aménagiste forestier, il s'agit donc de faire la part de ces demandes et des besoins de récolte tandis que pour l'économiste, il s'agit de maximiser la valeur actuelle nette de la forêt, en tenant compte de l'ensemble de ses utilisateurs. — **Peter Boxall**, économiste spécialiste des ressources non ligneuses, Centre de foresterie du Nord ■

Bill Wilson

Recherche en économie forestière : des réponses constructives à des questions complexes



L'économie forestière est un domaine qu'on a parfois malheureusement tendance à négliger. La politique économique et des facteurs tels que l'emploi et les recettes nettes tirées de l'exportation sont des ingrédients essentiels qui nous permettront de relever les défis fondamentaux de la foresterie. Les gens qui décident de la répartition des fonds de recherche voient les choses sous l'angle économique, c'est-à-dire en termes d'emplois et d'exportations. En outre, les problèmes d'aménagement forestier auxquels nous faisons actuellement face et ceux que nous réserve vraisemblablement l'avenir sont fondés largement sur des facteurs économiques et sur les conditions de l'économie. On aurait dû se pencher depuis longtemps déjà sur l'intégration plus efficace des sciences naturelles dans les décisions politiques. Beaucoup de problèmes du secteur forestier se caractérisent par une interface entre les sciences naturelles et l'économie.

Nos recherches visent à trouver des réponses constructives à des questions complexes. Nous cherchons à examiner, à connaître et à résumer les conditions physiques et financières futures de la foresterie au Canada et dans d'autres pays. Quels seront, par exemple, les effets, au Canada, de la transition à venir de la récolte des forêts existantes — une ressource naturelle — à la foresterie commerciale, et de l'exploitation des forêts sous un régime de gestion intensive nécessitant d'importants investissements? Dans le prochain cycle, il faudra également investir dans la croissance des arbres. Compte tenu du temps qu'il faut pour obtenir un arbre économiquement mature au Canada, le problème sera de taille. La production d'arbres est une activité exigeante en investissements, semée d'embûches et qui nécessite du capital immobilisé à très long terme, ce dont les gens ne se rendent souvent pas compte. Nous devons envisager le problème sous au moins trois angles différents : l'angle social et communautaire, l'angle financier et l'angle physique. Nous nous sommes déjà penchés sur les aspects financiers et physiques de la transition : l'étude des aspects économiques de la sylviculture et des méthodes qui permettront de passer à une foresterie intensive, et des moyens d'obtenir les financements nécessaires sur le marché des actions.

Nous poursuivons nos études sur les problèmes industriels, commerciaux et ceux liés à l'économie forestière. En collaboration avec les entreprises et les organismes provinciaux, nous avons réalisé des recherches passablement approfondies sur l'industrie manufacturière secondaire, qui constitue un domaine hautement prioritaire tant pour le secteur forestier que pour les pouvoirs publics. Nous participons également à des projets multidisciplinaires. Nous examinons actuellement les effets économiques possibles de l'introduction de ravageurs exotiques. L'intensification du commerce international a conduit à l'introduction de nombreux organismes nuisibles au Canada. Certaines de ces espèces risquent de migrer dans la forêt et d'y trouver une niche écologique propice, ce qui pourrait avoir des conséquences sociales, politiques et économiques importantes. Par exemple, certaines observations portent à conclure qu'aux États-Unis, l'introduction du coptotermes de Formose a entraîné, dans de nombreuses zones touchées, le remplacement du bois par l'acier. — **Bill Wilson**, directeur, Industrie, Commerce et Économie, Centre de foresterie du Pacifique ■

4

ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS : OBJECTIFS INTÉGRÉS

L'aménagement des forêts est devenu au fil des ans une activité qui déborde largement le cadre du simple contrôle de l'approvisionnement en bois. La production de fibres constitue aujourd'hui seulement un des éléments d'un processus complexe au sein duquel la protection de l'environnement tient une place tout aussi importante que l'intégration des pratiques d'aménagement forestier à un large éventail d'objectifs d'utilisation des terres. De nouvelles approches sylvicoles adaptatives, en particulier des méthodes d'exploitation reproduisant les perturbations naturelles causées par les incendies de forêt, sont mises au point et régulièrement modifiées à mesure que de nouvelles données quantitatives deviennent disponibles. La transition vers une approche d'aménagement forestier plus respectueuse de l'environnement exige des aménagistes forestiers une connaissance pratique plus approfondie des processus forestiers. Il y a toutefois lieu de se demander si la recherche actuelle en foresterie, telle qu'elle est conçue, peut permettre de mesurer les nombreuses réactions des écosystèmes forestiers aux perturbations naturelles et à diverses interventions en aménagement forestier. Cette recherche est-elle trop axée sur les dimensions opérationnelles de l'aménagement forestier? Prend-elle suffisamment en compte les autres activités forestières et les valeurs forestières non ligneuses?

Les obligations contractées par le Canada dans le cadre d'accords internationaux, essentiellement centrées sur la mise en place d'un train de mesures et la diffusion d'informations faisant état des progrès accomplis au chapitre du changement climatique et de la diversité biologique, ne font qu'accentuer la complexité du processus. Pour respecter ses engagements, le Canada a besoin de données précises et à jour sur les écosystèmes forestiers à des échelles écologiques allant de petites parcelles forestières jusqu'aux vastes paysages nationaux. Prévoir l'incidence éventuelle du changement climatique dans les régions septentrionales et déterminer l'impact mondial des activités du secteur forestier canadien sur les cycles du carbone et la biodiversité soulèvent des difficultés encore plus grandes. La recherche systématique à long terme et les travaux d'inventaire de base permettant d'amasser les données de référence sur la diversité biologique, la couverture terrestre et les processus forestiers sont tout aussi indispensables que la recherche appliquée répondant à des objectifs bien précis.

Le programme de S-T du SCF est axé sur l'élaboration d'outils statistiques et de modèles de prévision destinés à accroître la capacité du SCF de détecter ou de prévoir la venue de changements importants dans les écosystèmes forestiers. Ces outils et modèles permettront aux aménagistes forestiers d'anticiper et d'atténuer les répercussions environnementales négatives des infestations d'insectes, des incendies, du changement climatique et des activités forestières, y compris les méthodes d'exploitation de remplacement. Les chercheurs du SCF font appel aux techniques les plus pointues dans le domaine de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG) pour obtenir des informations à diverses échelles allant d'une simple feuille d'arbre à toute une écorégion. La Carte de la couverture des terres du Canada, récemment élaborée par des chercheurs du SCF et du Centre canadien de télédétection, décrit l'ensemble de la masse terrestre du Canada. Cette carte, générée par imagerie satellitaire à haute résolution, présente 29 types de couverture terrestre et 12 classes de forêt.

Les experts du SCF en technologies forestières de pointe, en partenariat avec l'Agence spatiale canadienne, collaborent au projet Observation de la Terre pour le développement durable des forêts (EOSD). Ils auront recours à la télédétection satellitaire pour amasser, quantifier et diffuser des données sur les forêts en vue d'aider le Canada à respecter ses engagements internationaux relatifs au développement durable des forêts. D'autres projets d'imagerie satellitaire prévoient l'utilisation des images du satellite Landsat pour cartographier l'emplacement et la répartition spatiale de l'étage inférieur

conifèrien dans les forêts de feuillus, l'interprétation automatisée des images satellitaires multispectrales pour évaluer l'état des forêts, et l'élaboration de méthodes de classification pour utiliser les images satellitaires en cartographie forestière. Enfin, l'utilité de l'imagerie à haute résolution pour la détection de la carie des racines chez les arbres forestiers a été démontrée.

Afin de mieux mesurer la sensibilité des écosystèmes forestiers au changement climatique, des chercheurs du SCF s'efforcent actuellement d'améliorer les méthodes de mesure et les instruments de prévision. Dans le cadre de projets de longue haleine, des scientifiques étudient les liens potentiels entre le changement climatique et le déclin du peuplier faux-tremble, tandis que d'autres cherchent à élaborer des modèles du bilan du carbone et à élaborer et à raffiner un modèle climatique régional canadien. L'Expérience canadienne sur la décomposition interstationnelle (ECDI), à laquelle participent des chercheurs du SCF, de diverses universités et de ministères provinciaux, vise à comparer les taux à long terme de décomposition de la litière dans un large éventail de régions écoclimatiques boisées du Canada et à mieux comprendre le rôle éventuel du changement climatique sur les taux de décomposition de la litière des forêts. Les chercheurs du SCF participent à l'échelle nationale à des projets tels que Sites de recherche et de surveillance sur les écosystèmes boréaux (BERMS) et, à l'échelle internationale, au Programme international concernant la géosphère et la biosphère (PIGB), à l'Étude de cas d'un transect de la forêt boréale (ECTFB) et aux activités du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Les chercheurs du SCF créent des bases de données sur l'écologie des populations de diverses espèces d'insectes forestiers, de champignons et de micro-organismes qui comportent des renseignements détaillés sur le comportement, les ennemis naturels et les cycles de vie. Une étude vise à identifier les insectes et les agents microbiens susceptibles d'être utilisés comme indicateurs du changement écologique et à quantifier leur contribution au bilan du carbone à l'échelle planétaire. On planifie actuellement de produire une base de données nationale pour archiver ce type de données de recherche.

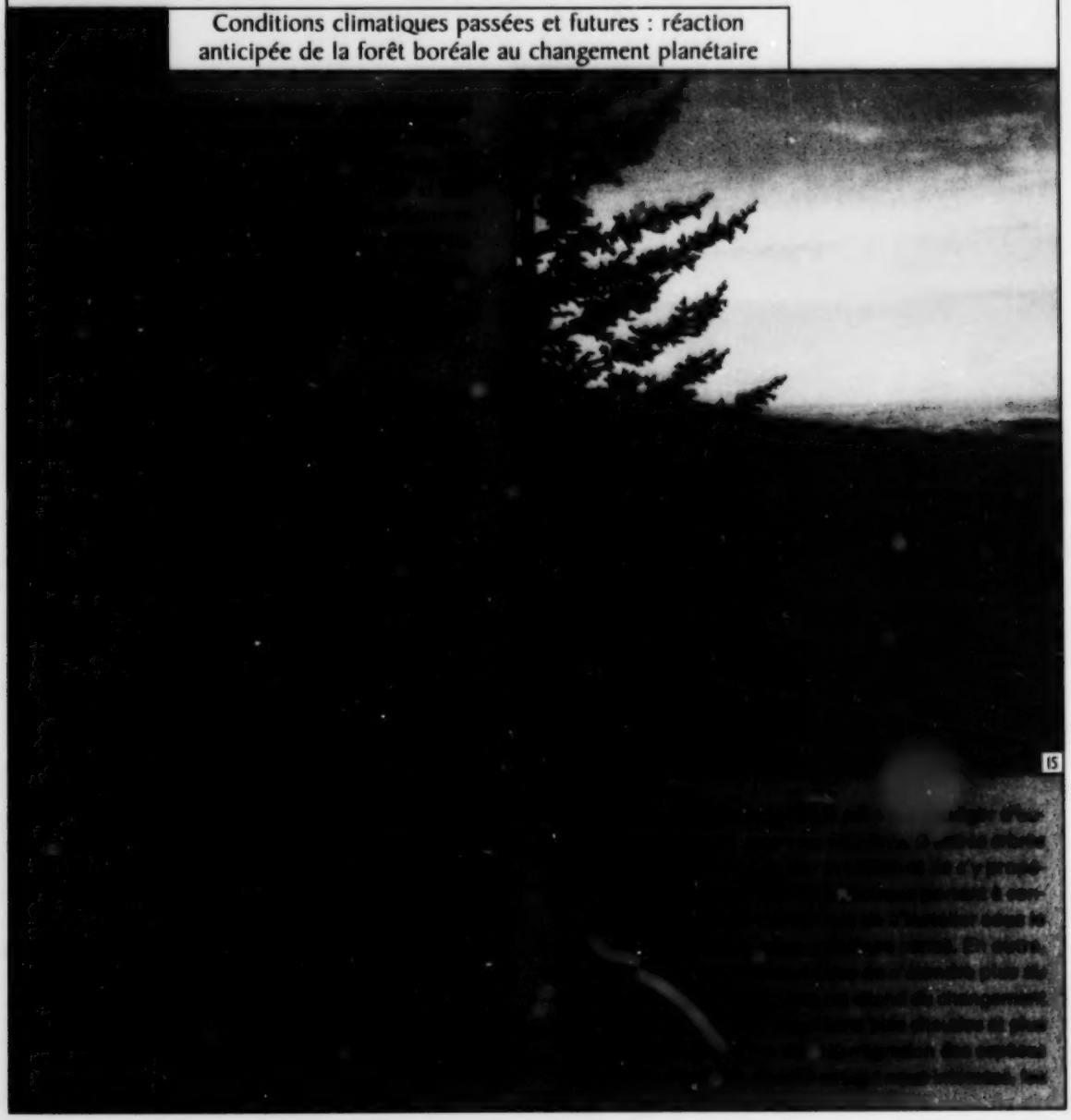
L'augmentation du nombre d'introductions au Canada d'insectes et d'agents pathogènes exotiques (également qualifiés d'introduits ou de non indigènes) attaquant les arbres représente une grave menace pour la santé et la stabilité des écosystèmes naturels. Dans le passé, certains agents pathogènes exotiques introduits au Canada, comme ceux de la maladie hollandaise de l'orme, de la brûlure du châtaignier et de la rouille vésiculeuse du pin blanc, ont gravement perturbé les forêts de l'Amérique du Nord et leur biodiversité. L'expansion du commerce mondial et l'accroissement de la circulation des produits ont contribué à accroître le nombre d'interceptions d'organismes ravageurs dans les ports canadiens. Certains ravageurs comme le longicorne asiatique et le grand hylésine des pins se révèlent des sources de préoccupation importantes, car ils risquent d'infliger des dégâts considérables aux essences tant commerciales que non commerciales. Les chercheurs du SCF s'efforcent de trouver des solutions au problème en mettant au point de nouvelles méthodes de surveillance qui permettront d'amasser les données de base sous-tendant les règlements destinés à prévenir l'introduction des ravageurs.

D'autres recherches entreprises par le SCF visent à améliorer les méthodes de lutte contre les mauvaises herbes et les insectes nuisibles. Une attention particulière est accordée à la mise au point d'options non chimiques en remplacement des herbicides et insecticides chimiques classiques. Les restrictions de plus en plus sévères touchant l'utilisation de produits chimiques dans les forêts, en particulier le long des cours d'eau et à proximité d'autres zones sensibles, ont conduit à une intensification des recherches axées sur la mise au point de nouvelles méthodes viables de lutte contre la végétation. Les chercheurs du SCF ont participé à ce processus en élaborant, en évaluant et en faisant homologuer toute une gamme d'agents de lutte biologique non chimiques en vue de leur utilisation dans les zones de reboisement et les plantations d'arbres. Des mycoherbicides comme les *Chondrostereum purpureum* et *Fusarium avenaceum* ont été mis au point comme solutions de rechange aux herbicides chimiques. Des équipes de recherche s'emploient actuellement à évaluer le potentiel de diverses moisissures des neiges et rhizobactéries comme agents de lutte naturelle contre une graminée envahissante, le calamagrostide du Canada, ou celui de champignons parasites naturels contre des plantes à fleurs parasites, les faux-guis. D'autres chercheurs ont entrepris de mettre au point des agents de lutte biologique contre les agents de la rouille vésiculeuse du pin blanc et de la maladie du rond, ainsi que des méthodes de détection précoce du chancre scléroderrien par analyse de l'ADN.

Le SCF continuera d'offrir son expertise scientifique et d'appuyer la recherche à long terme en écologie

en évaluant l'incidence des pratiques d'aménagement forestier sur la diversité génétique et la réponse génétique de diverses espèces d'arbres au changement climatique. Les recherches continues du SCF visant à élaborer des modèles de bilan du carbone des forêts canadiennes et à évaluer le rôle du feu dans le cycle du carbone à l'échelle planétaire contribueront directement à accroître notre compréhension et notre capacité de prédire les changements climatiques à venir. Le SCF poursuivra ses recherches sur les effets potentiels du changement climatique sur le cycle des incendies dans le centre-ouest du Canada et sur la fréquence des incendies dans les forêts boréales. En participant activement par ses recherches à l'enrichissement des connaissances sur les caractéristiques fondamentales des écosystèmes forestiers, le SCF procure aux aménagistes forestiers et aux décideurs des informations précises et à jour sur l'état actuel des ressources forestières à l'échelle nationale et sur l'incidence éventuelle des perturbations anthropiques et naturelles sur l'évolution des écosystèmes forestiers.

Conditions climatiques passées et futures : réaction anticipée de la forêt boréale au changement planétaire



en évaluant l'incidence des pratiques d'aménagement forestier sur la diversité génétique et la réponse génétique de diverses espèces d'arbres au changement climatique. Les recherches continues du SCF visant à élaborer des modèles de bilan du carbone des forêts canadiennes et à évaluer le rôle du feu dans le cycle du carbone à l'échelle planétaire contribueront directement à accroître notre compréhension et notre capacité de prédire les changements climatiques à venir. Le SCF poursuivra ses recherches sur les effets potentiels du changement climatique sur le cycle des incendies dans le centre-ouest du Canada et sur la fréquence des incendies dans les forêts boréales. En participant activement par ses recherches à l'enrichissement des connaissances sur les caractéristiques fondamentales des écosystèmes forestiers, le SCF procure aux aménagistes forestiers et aux décideurs des informations précises et à jour sur l'état actuel des ressources forestières à l'échelle nationale et sur l'incidence éventuelle des perturbations anthropiques et naturelles sur l'évolution des écosystèmes forestiers.

Ian Campbell

Conditions climatiques passées et futures : réaction anticipée de la forêt boréale au changement planétaire

Beaucoup de chercheurs pensent que le réchauffement planétaire conduira à des conditions semblables à celles qui existaient il y a 6 000 ans. En collaboration avec des collègues du SCF et des chercheurs de l'Université de l'Alberta, à Edmonton, nous examinons les données paléobiogéographiques à l'aide de diverses techniques, y compris l'étude du pollen fossilisé, pour chercher à reconstituer ce qu'était la forêt boréale occidentale à cette époque.

Les sédiments du lac Pine, près de Red Deer, en Alberta, constituent une de nos sources de pollen. Ce lac est situé dans la zone de transition (ou écotone) entre la tremblaie et la prairie. Nous cherchons à savoir quels sont les facteurs qui déterminent l'emplacement des zones de transition et comment ces zones peuvent évoluer ou se déplacer par suite d'un changement climatique. Nous croyons que la région du lac Pine était autrefois une prairie ouverte, avec des massifs de trembles limités aux sites exposés au nord. Aujourd'hui, malgré les vastes superficies défrichées pour faire place à l'agriculture, les trembles sont plus nombreux dans cette zone qu'ils ne l'étaient à l'époque préhistorique. Le pollen des sédiments lacustres nous indique par ailleurs qu'entre 1880 et 1900, la population de trembles a considérablement augmenté. Ce phénomène a coïncidé avec la disparition du bison. Jusqu'à la fin du XIX^{e} siècle, les bisons étaient présents en nombre considérable dans cette région. Ils empêchaient la formation d'une tremblaie en dévorant ou en détruisant la plupart des jeunes arbres poussant à partir de racines, après les feux de prairie.

Ces observations soulèvent certaines questions intéressantes. Les tremblaies peuvent constituer une culture-abri, c'est-à-dire qu'elles peuvent protéger d'autres espèces d'arbres contre les éléments. D'autres arbres risquent-ils donc de coloniser la région et de s'y propager? Des preuves de nature anecdotique portent à conclure que l'épinette serait en voie de s'installer sous le couvert des trembles, dans certaines zones. En outre, les tremblaies continueront-elles de s'étendre plus au sud avec le temps? En général, on attend du changement climatique qu'il crée des conditions plus chaudes et plus sèches, et qu'il provoque donc la migration des espèces vers le nord. Pourtant, dans le cas qui nous intéresse, les

trembles se propagent vers le sud à cause de la disparition des effets du broutage par les bisons. Nous ne savons pas encore si les effets du réchauffement dans cette région contrebalanceront cette propagation vers le sud.

La granulométrie des sédiments du lac Pine nous renseigne également sur le climat qui existait lors de la croissance de cette végétation du passé lointain. Selon l'hypothèse que nous avons formulée, au cours des années plus sèches, l'eau circulait plus lentement dans le lac, permettant aux fines particules de limon de se déposer au fond. Au cours des années plus humides, la circulation de l'eau était plus rapide et seules les particules plus grosses s'accumulaient dans les sédiments. Le contraste observé entre les couches de sédiments fins et grossiers constitue un excellent indicateur indirect des conditions climatiques du passé. Comme les données portent sur une période de 4 000 ans, on peut procéder à une modélisation statistique. Nous avons relevé un cycle climatique de 1 500 ans, ce qui porte à conclure que la Terre serait déjà entrée dans une phase de réchauffement planétaire naturel. Ceci ne diminue en rien le rôle essentiel du dioxyde de carbone et des autres gaz à effet de serre dans la détermination des tendances actuelles, mais nos résultats donnent tout de même à penser que certaines prévisions fondées uniquement sur le réchauffement dû aux gaz à effet de serre risquent de sous-estimer le problème. Le réchauffement risque en effet d'être plus rapide et plus grave que prévu. — **Ian Campbell**, spécialiste de la modélisation du changement climatique, Centre de foresterie du Nord ■

Changement climatique et forêt boréale occidentale

16

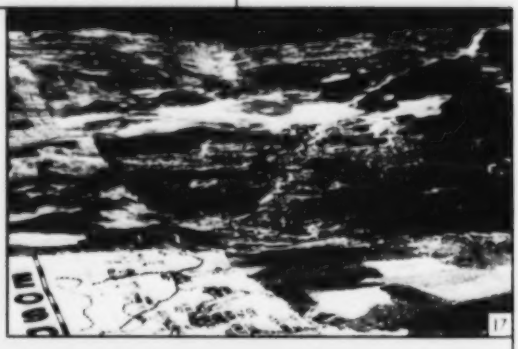
Les forêts boréales occidentales de la limite méridionale aride persisteront-elles sous un climat plus chaud? Pour répondre à cette question et à d'autres liées au changement climatique, le biologiste Rick Hurdle et moi-même avons établi une zone d'étude dans la tremblaie du lieu historique national de Batoche, en Saskatchewan. Cette zone, soumise à un stress hydrique, ressemble à ce qui pourrait remplacer la forêt boréale sous l'effet du changement climatique. Nous souhaitons obtenir des renseignements sur les processus qui pourraient limiter la productivité des forêts sous un climat que l'on prévoit plus sec. À cette fin, nous avons procédé à l'étude des processus qui caractérisent la forêt : température, humidité de l'air et rejet simultané de vapeur d'eau. Sur de longues périodes, dans ces forêts, le rôle des perturbations devient critique. Dans le cas de la tremblaie, la livrée des forêts constitue un important facteur de perturbation. Nous croyons qu'une combinaison des défoliations répétées par cet insecte et des événements climatiques extrêmes pourrait entraîner le déclin de la tremblaie.

Grâce à ma participation à la recherche en collaboration dans le cadre de l'Étude de l'atmosphère et des écosystèmes boréaux (BOREAS) ainsi que de l'étude de suivi canadienne sur les Sites de recherche et de surveillance des écosystèmes boréaux (BERMS), j'ai pris conscience de la nécessité d'étudier les effets possibles des forêts sur le climat régional. Nous avons étudié les émissions de vapeur d'eau des tremblaies par des mesures directes des volumes produits par chaque arbre, ou par la mesure des émissions de peuplements entiers à partir de tours dominant la cime des arbres. Nous avons observé qu'avant l'apparition des feuilles, au printemps, la quantité de vapeur d'eau dégagée par la tremblaie est extrêmement faible (environ 0,5 mm/j). Ce dégagement de vapeur d'eau est décuplé pendant la période d'une à deux semaines au cours de laquelle les feuilles apparaissent. Ce phénomène intéresse le paysage entier. Quels en sont les effets sur le climat? Ils pourraient être suffisamment importants pour déclencher la saison des pluies dans cette région du monde. La température pourrait également en être modifiée. Après l'apparition des feuilles, on observe généralement des températures plus fraîches que celles auxquelles on pourrait s'attendre en l'absence des arbres. Dans beaucoup de cas, les forêts pourraient avoir un effet

plus marqué sur la température régionale et les précipitations que le changement climatique sur les forêts.

Les changements qui surviennent dans la composition des forêts, peu importe l'origine, pourraient fort bien produire un effet de rétroaction climatique. Le problème ne se limite pas à la présence ou à l'absence d'arbres dans le paysage, le type d'arbres présents ayant aussi une incidence. Lorsqu'on mesure le volume de la vapeur d'eau produite par un conifère au printemps, on constate qu'il ne représente qu'environ la moitié du volume produit par un peuplier faux-tremble. Par ailleurs, on sait déjà, pour l'avoir observé dans d'autres régions du monde, qu'une disparition complète des forêts peut entraîner la désertification. — **Ted Hogg**, chercheur, Centre de foresterie du Nord ■

Les données de télédétection aérienne et satellitaire : de nouvelles méthodes pour l'extraction de l'information



Le groupe des méthodes et des systèmes du SCF, Technologies forestières de pointe (TFP), dont je fais partie, est dirigé par David G. Goodenough. Le groupe a été créé en 1991 lorsque la NASA, dans le cadre de son Applied Information Systems Research Program, a chargé M. Goodenough et d'autres collaborateurs travaillant à l'échelle nationale et internationale de mettre au point des systèmes experts pour une gestion intelligente des données (SEGID). Notre groupe poursuit actuellement des recherches dans plusieurs domaines technologiques clés, dont les systèmes d'information géographique, les méthodes de télédétection, les bases de données, la revisualisation multimédia et la modélisation. Toutes ces technologies recoupent le domaine de l'intelligence artificielle.

Nous participons maintenant à un nouveau projet de dix ans, Observation de la Terre pour le développement durable des forêts (EOSD), cofinancé par l'Agence spatiale canadienne et le SCF. Dans le cadre de ce projet, nous aurons recours aux données satellitaires pour quantifier l'état et les changements importants touchant la composition, la distribution, la structure et les fonctions des forêts canadiennes. Ce projet viendra appuyer les priorités nationales et les engagements internationaux contractés par le Canada dans le cadre de conventions internationales (critères et indicateurs d'aménagement forestier durable, Protocole de Kyoto, Convention sur la diversité biologique, Convention-cadre sur les changements climatiques et Projet d'observation du couvert forestier à échelle globale).

Outre la télédétection, le groupe TFP s'emploie à mettre au point de nouvelles technologies et techniques permettant d'extraire de l'information à partir des données de télédétection. La fusion des données, qui constitue un aspect critique du travail, repose sur l'utilisation de données multisources et multitemporelles pour optimiser l'extraction et l'interprétation de l'information. Avec plus de 500 images de télédétection provenant du seul projet SEGID, le suivi des données soulève des difficultés particulières. Il faut créer des métadonnées d'images en vue de les rendre accessibles aux utilisateurs et mettre sur pied des systèmes intelligents pour l'extraction de l'information. — **Pal Bohgal**, physicien, Centre de foresterie du Pacifique. ■

Structure spatiale, concurrence et perturbations dans les forêts côtières de douglas verts

La mortalité est un processus clé de la dynamique des peuplements d'arbres. Seule la mort des arbres, et les espaces qu'elle ménage ainsi au milieu des peuplements, peut permettre au système d'évoluer grâce

au remplacement des espèces qui tolèrent mal l'ombre par des espèces plus tolérantes. J'étudie les changements qui surviennent dans l'espace occupé par les espèces végétales et dans la composition des espèces. Je m'intéresse actuellement aux effets de ces changements sur les populations de douglas verts.

18

Le douglas vert, une espèce qui colonise les espaces découverts, produit d'abord des peuplements denses où les semis sont exposés à la forte concurrence des arbres qui les entourent. À mesure que le peuplement s'approche de la maturité, certains des arbres meurent à cause de cette concurrence et créent ainsi des ouvertures dans le couvert. Les espèces tolérantes envahissent ces espaces et finissent par concurrencer le douglas sur son propre terrain. Dans ces conditions, la composition des espèces, notamment dans le sous-étage, évolue également.

Des activités naturelles et anthropiques peuvent perturber les écosystèmes. Pour que les activités d'aménagement forestier imitent les processus naturels, comme on le recommande généralement, nous avons besoin d'indicateurs qui nous permettront de connaître les similitudes et les différences entre les deux. Par exemple, nous avons déterminé que les effets à long terme des traitements sylvicoles sont localisés. Nous avons observé que les opérations d'éclaircie et de fertilisation d'un peuplement de douglas verts du sud de l'île de Vancouver n'avaient pas influé beaucoup sur le nombre total d'espèces présentes dans la plantation, mais qu'elles avaient sensiblement modifié la croissance et le développement de certaines espèces du sous-étage d'une façon qui n'était pas immédiatement évidente. La croissance des espèces du sous-étage est favorisée par l'éclaircie, mais inhibée par l'ajout de grandes quantités d'engrais. Ces réactions disparates portent à conclure qu'on pourrait utiliser les espèces du sous-étage comme indicateurs des effets de la sylviculture sur les peuplements de douglas verts.

La répartition spatiale, la concurrence et les perturbations sont des processus fondamentaux de l'écosystème. Il est indispensable de connaître les rapports qui existent entre ces processus pour bien connaître l'écosystème. — **Fangliang He**, phytoécologiste, Centre de foresterie du Pacifique ■

Bon Herbier

Produits antiparasitaires naturels : évaluation des insecticides de rechange

La réduction des choix possibles d'insecticides chimiques et les préoccupations qu'ils suscitent nous obligent à chercher de nouveaux moyens de lutte contre les insectes qui menacent nos forêts. Les chercheurs du SCF examinent toute une gamme d'options possibles, y compris les virus génétiquement modifiés, les arbres résistants et, dans le cas qui m'intéresse, les produits naturels. En collaboration avec mes collègues du SCF, Mamdouh Abou-Zaid, Peter DeGroot, Barry Lyons, Dean Thompson et Rick West, j'ai identifié et évalué de nouveaux produits naturels de lutte contre les insectes forestiers du Canada.

Nous exposons d'abord des insectes forestiers aux produits naturels, en conditions de laboratoire. C'est ainsi que nous avons récemment évalué un agent de répression appelé « neem » dont la matière active, l'azadirachtine, est dérivée d'un conifère tropical, le neem. Nous avons constaté que l'effet insecticide de l'azadirachtine se compare à celui des produits classiques. Certains ravageurs particuliers appartenant au groupe des tenthrèdes comme le pamphile à tête rouge, le diprion importé du pin, le diprion du pin sylvestre et le diprion du sapin y sont très sensibles. Ces résultats sont particulièrement intéressants puisqu'il n'existe que très peu de solutions de rechange sûres aux insecticides classiques pour la lutte contre les tenthrèdes. Il existe des virus spécifiques à l'hôte, mais le recours à cette méthode exigerait qu'on mette au point un virus différent pour chaque espèce de tenthrède.

L'azadirachtine peut être utilisée par voie systémique, c'est-à-dire par injection dans les arbres. Elle présente donc des possibilités extrêmement intéressantes pour les zones urbaines, les zones de villégiature et les terrains situés à proximité de plans d'eau, où les risques d'entraînement par le vent rendent les pulvérisations aériennes peu souhaitables. Elle est également utile lorsque l'infestation ne touche que quelques hectares, comme dans les plantations de pins et les boisés privés, et qu'on souhaite limiter le traitement aux arbres qui risquent le plus de mourir par suite des attaques des insectes. Nous avons mis au point un dispositif d'application qui s'installe en quelques minutes : il suffit de percer un trou dans l'arbre, d'installer l'appareil et d'injecter.

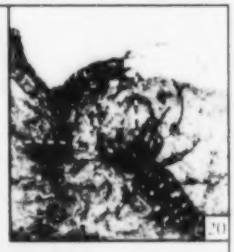
Les arbres possèdent des mécanismes biochimiques naturels pour lutter contre les attaques des insectes. Cette avenue de recherche nous intéresse également. Par exemple, la livrée des forêts refuse de se nourrir des feuilles de l'érable rouge. Nous croyons que ce phénomène est causé par la présence dans les feuilles de certains composés phénoliques. Ces produits n'existent pas dans l'érable à sucre, une espèce dont la livrée des forêts se nourrit volontiers. Une des façons de tester les effets insectifuges de ces composés phénoliques consisterait à injecter des extraits de feuilles d'érable rouge dans des espèces d'arbres à feuilles caduques dont la livrée se nourrit. C'est ce que nous comptons faire en commençant par des essais

en laboratoire pour procéder ensuite, si la chose paraît faisable, à des essais en conditions réelles. — **Blair Helson**, toxicologiste des insecticides, Centre de foresterie des Grands Lacs ■

Leland Humble

Détection et quantification des insectes exotiques introduits au Canada

Existe-t-il, dans le paysage, des espèces exotiques d'insectes non encore détectées? Que peut-on faire pour les identifier plus rapidement? Notre recherche sur les insectes exotiques vise à répondre à ces questions. Il n'y a aucun doute que le taux d'introduction d'insectes exotiques augmente au Canada. Par exemple, entre 1995 et 1997, le nombre d'espèces exotiques connues de scolytes du bois établies dans l'ouest du Canada est passé de 5 à 10. Les répercussions possibles du phénomène pour la santé des forêts canadiennes restent mal connues, mais si on songe que deux espèces de scolytes indigènes constituent déjà la cause principale de la dégradation du bois dans les forêts de la côte ouest, nous avons des raisons de nous en préoccuper.



Notre recherche présente l'avantage d'être réalisée aux alentours d'un port d'entrée principal par lequel les espèces exotiques risquent vraisemblablement d'être introduites dans notre pays. Au cours de nos travaux, nous avons observé des espèces subtropicales ainsi que des insectes provenant des zones tempérées d'Europe, d'Asie et de l'est de l'Amérique du Nord. Toutes ces espèces semblent déjà exister dans la région de Vancouver. Nous avons prélevé des échantillons sur des arbres morts ou moribonds dans des boisés voisins de sites d'élimination de vieux emballages en bois, et constaté que de 97 %

à 99 % des insectes présents étaient exotiques. De telles proportions sont alarmantes.

Nous cherchons maintenant à déterminer dans quelle mesure ces espèces exotiques se sont propagées dans les zones forestières qui entourent Vancouver. Dans un premier temps, nous établissons une zone d'échantillonnage orientée d'est en ouest et constituée de pièges disposés à intervalles de 30 km à 50 km, de l'embouchure du fleuve Fraser jusqu'à Hope, en Colombie-Britannique. Nous serons ainsi en mesure de mieux estimer la proportion globale des insectes exotiques, par rapport aux insectes indigènes présents dans le paysage. Il conviendra d'établir des transects semblables près des ports ou des centres d'importation répartis dans le pays, afin de déterminer dans quelle mesure les espèces exotiques ont envahi les écosystèmes forestiers canadiens et d'établir une base de comparaison qui permettra de déterminer l'évolution de l'aire de répartition et de l'abondance de ces populations.

Nos travaux ont notamment pour objet de recueillir des données de base qui permettront de déterminer l'efficacité des politiques de réglementation visant à éviter de nouvelles introductions. Une meilleure connaissance des espèces exotiques, qui doivent leur propagation au commerce international, peut nous aider à élaborer de meilleures méthodes de détection. De telles données sont également essentielles à l'élaboration d'un règlement visant à réduire le rythme des introductions. L'Agence canadienne d'inspection des aliments a un rôle de réglementation très clair à jouer en cette matière, mais le SCF se doit certainement de collaborer. Nos recherches ont eu tôt fait de déterminer que les matériaux d'emballage en bois constituent la voie principale d'introduction de nouveaux ravageurs forestiers au Canada.

Eric Allen et son personnel du Centre de foresterie du Pacifique ont entrepris de quantifier les risques liés aux matériaux importés comme les bobines de fil métallique. Une meilleure connaissance du nombre d'espèces exotiques et de leur importance dans le matériel d'emballage des produits importés incitera les responsables canadiens et américains de la réglementation à resserrer les normes relatives à l'importation de ces matériaux. Ce type d'application de la science à un problème pratique est préférable, selon nous, à la simple publication d'un article dans une revue scientifique. — **Leland Humble**, entomologiste, Centre de foresterie du Pacifique ■

Raj Prasad

Incidences des plantes exotiques sur la biodiversité des communautés végétales

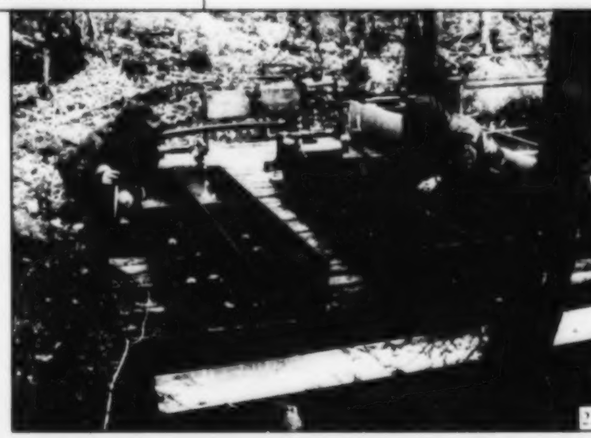
On pourrait dire que je suis un spécialiste des mauvaises herbes. Mon projet le plus récent consiste à étudier l'incidence des plantes exotiques sur la végétation indigène de la Colombie-Britannique. L'ajonc d'Europe et le genêt à balai comptent parmi les espèces introduites les plus connues. Ces deux légumineuses ont été introduites au milieu du XIX[e] siècle et sont aujourd'hui largement répandues. L'ajonc préfère les milieux secs, tandis que le genêt peut pousser presque n'importe où. Ces deux plantes sont extrêmement envahissantes et sont dotées de mécanismes qui leur permettent de coloniser la plupart des zones industrielles, des zones boisées ou des emprises de lignes de transport de l'électricité avec une redoutable efficacité. Dans les parcelles de coupe, la colonisation des stations par ces espèces est parfois si complète qu'il n'y reste presque plus de plantes indigènes. Ces plantes nuisent gravement à la croissance des conifères indigènes comme le douglas vert et leur présence a conduit certaines espèces indigènes d'herbacées et de

lépidoptères proches de la disparition. Elles constituent en outre une menace pour l'écosystème extrêmement réduit du chêne de Garry dans l'île de Vancouver. Leur propagation risque finalement de s'accélérer à cause du changement climatique.

En collaboration avec le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, le ministère de la Défense nationale, à Esquimalt, et le district régional de la capitale, à Victoria, nous cherchons à déterminer l'importance et la nature de la concurrence de ces plantes exotiques pour les espèces indigènes. L'ajonc et le genêt doivent leur propagation rapide à l'absence d'ennemis naturels dans leur nouveau milieu. Nous sommes à la recherche d'une telle espèce et procédons à des essais en serre portant sur les champignons *Chondrostereum purpureum* (Pers:Fr) Pouzar et *Fusarium tumidum* Sherb. Le premier est un mycoherbicide connu qui a déjà été mis à l'essai sur d'autres plantes ligneuses indésirables, et le second présente des qualités intéressantes d'inhibition et de limitation de la croissance des deux espèces exotiques. Il nous reste encore beaucoup à faire, et nous devons notamment trouver un isolat indigène de *F. tumidum*. Comme ces plantes exotiques se propagent principalement par leurs semences, nous examinerons également les facteurs qui pourraient influer sur la germination. — **Raj Prasad**, physiologiste des plantes, Centre de foresterie du Pacifique ▪

David Kreutzweiser

Les organismes aquatiques : des indicateurs de la qualité de l'environnement



Les invertébrés aquatiques ne sont pas des sujets typiques de la recherche forestière. Pourtant, ce sont d'excellents indicateurs de la qualité de l'environnement, et les systèmes aquatiques où ils habitent sont étroitement liés à l'environnement terrestre environnant, y compris aux forêts. Le contrôle de la présence et de l'état des invertébrés aquatiques vivant dans les eaux d'amont nous intéresse particulièrement. La plupart des eaux d'amont des bassins hydrographiques canadiens se trouvent en zones forestières, ce qui signifie que les activités d'aménagement forestier risquent d'influer sur leur qualité. Or, toute modification de l'écologie des eaux d'amont risque d'avoir des répercussions en aval.

Nous cherchons à déterminer les changements qui surviennent dans la composition des espèces de vertébrés aquatiques et dans leur abondance, et qui pourraient découler de changements survenus dans les forêts avoisinantes. Nous examinons actuellement plusieurs zones des sites de recherche forestière des lacs Black Sturgeon et Turkey, au centre de l'Ontario, où on procède à l'évaluation d'une gamme de régimes de récolte et de méthodes de rétention partielle. Nous croyons que si une méthode de récolte particulière influe sur le type ou sur la quantité de matières introduites dans les cours d'eau de la région, ce changement se reflétera sur les populations locales d'invertébrés.

On utilise également les invertébrés aquatiques pour évaluer les effets de composés particuliers (p. ex., les pesticides utilisés dans le cadre des opérations forestières) sur les systèmes aquatiques. Si le composé à évaluer n'existe pas normalement dans l'écosystème (p. ex., s'il s'agit d'un baculovirus génétiquement modifié ou d'une bactérie), on procédera d'abord à des tests en laboratoire, au niveau du microcosme. Un microcosme est un modèle qui imite l'environnement naturel et dans lequel on introduit le composé testé ainsi qu'un échantillon de la population des organismes aquatiques. Les paramètres typiquement mesurés sont l'activité respiratoire, le taux d'alimentation, le taux de croissance et le taux de survie; ils permettent de déterminer si le composé à l'essai risque de causer des problèmes à l'extérieur du laboratoire. Si aucun problème de ce type n'est relevé, les tests sont repris à l'extérieur, à l'échelle plus réaliste du mésocosme, afin de valider dans une certaine mesure les résultats obtenus en laboratoire.

Les mésocosmes sont constitués de cours d'eau ou de lacs. Le mésocosme d'eau courante est constitué d'une série de chenaux aménagés le long d'un cours d'eau naturel et alimentés au moyen d'une dérivation à partir de ce dernier. On peut y introduire les invertébrés

étudiés ou parfois laisser libre cours à la colonisation naturelle. Certains chenaux sont soumis au traitement et d'autres servent de témoins; on note les différences entre les deux. Un mésocosme d'eau dormante est constitué d'une armature flottante divisée en carrés. Chaque carré est isolé par un rideau en polyéthylène suspendu de la surface jusqu'au fond du lac et qui délimite une colonne d'échantillonnage du zooplancton, du phytoplancton et des invertébrés naturels présents. L'installation complète fonctionne comme une place-échantillon aquatique répétée.

Les informations obtenues grâce à nos recherches sont d'une extrême importance. Il est de plus en plus nécessaire de démontrer clairement la sécurité et la viabilité des techniques d'aménagement forestier et des matériaux utilisés à cette fin. Notre travail consiste à recueillir de telles informations. — **David Kreutzweiser**, écotoxicologiste aquatique, Centre de foresterie des Grands Lacs ■

Mike Weber

Projet de gestion des écosystèmes par imitation des perturbations naturelles

La Gestion des écosystèmes par l'étude du feu en tant que perturbation naturelle (EMEND) est notre projet le plus élaboré d'écologie des feux de forêt. Il s'agit d'une expérience à grande échelle, réalisée dans le nord-ouest de l'Alberta sur une superficie atteignant près de 1 200 hectares. Il n'existe aucune autre étude écologique équivalente en Amérique du Nord.

Nous cherchons à déterminer dans quelle mesure les systèmes de coupe utilisés par l'industrie forestière peuvent être adaptés pour reproduire le rétablissement de l'écosystème observé à la suite d'un feu de forêt. Dans le paysage boréal, la configuration en mosaïque créée par le feu favorise la diversité des espèces végétales. Le périmètre d'une zone brûlée peut circonscrire un certain nombre d'hectares, mais il existe toujours à l'intérieur des parcelles de végétation intactes. Cette répartition par taches est reproduite par nos traitements expérimentaux : notre méthode modifiée de coupe laisse de petits îlots d'arbres éparpillés à l'intérieur de la zone de récolte, à l'exemple de ce qu'on observe après un feu.

Ce projet présente un grand intérêt parce qu'il constitue une expérience sur l'écologie des feux de forêt réalisée à grande échelle, où le feu est explicitement utilisé en guise de paramètre témoin, c'est-à-dire comme le facteur normal à partir duquel les résultats des traitements expérimentaux du projet seront mesurés. Vingt-quatre brûlages expérimentaux seront effectués au cours des deux prochaines années. Comme chaque traitement sera entièrement répété, nous serons en mesure d'évaluer statistiquement nos données et d'en tirer des conclusions scientifiques. Notre projet de gestion multidisciplinaire examinera en outre l'écologie des insectes, des petits mammifères et des plantes qui vivent dans les zones de traitement. La province d'Alberta est un collaborateur important du projet. Son aide est essentielle puisque notre qualité de chercheur du gouvernement fédéral nous interdit de procéder à des feux expérimentaux sur le terrain. Cet élément du projet est confié à la province, qui s'en acquitte depuis le début.

En plus de couvrir une vaste superficie de terrain, le projet EMEND se prolongera sur une longue période de temps. Les terres utilisées nous ont été données par des compagnies forestières privées qui ont insisté pour que le projet se prolonge dans le temps. À l'heure actuelle, la durée projetée doit correspondre à une rotation, c'est-à-dire à la période nécessaire pour qu'une semence devienne un arbre exploitable. Dans le nord-ouest de

l'Alberta, cette période dure entre cent et cent vingt ans. Nous ne serons bien sûr pas là pour constater les résultats, mais nous espérons que la documentation accumulée permettra à d'autres de poursuivre notre travail. Il est à prévoir que les chercheurs du futur poseront des questions au sujet de l'écologie des feux qu'il nous serait impossible d'imaginer aujourd'hui. — **Mike Weber**, écologiste des feux de forêt, Centre de foresterie du Nord (actuellement directeur, Division de la gestion intégrée des ressources, Centre de foresterie des Grands Lacs) ■

5 L'INDUSTRIE FORESTIÈRE : CONCURRENCE MONDIALE

La foresterie au Canada n'a rien d'une industrie en déclin. Le secteur forestier continue de jouer un rôle crucial dans la santé et la stabilité de l'économie canadienne. En 1998, 877 000 Canadiennes et Canadiens, soit un peu plus d'un sur seize, tiraient leur revenu directement ou indirectement de la forêt. La même année, les contributions des industries forestières à la balance commerciale nationale et au produit intérieur brut s'élevaient à respectivement 31,7 milliards et 18,2 milliards de dollars. Les retombées économiques tangibles découlant du fait que 10 % des ressources forestières mondiales se trouvent au Canada ont joué un rôle déterminant dans la qualité de vie des Canadiennes et des Canadiens et ont permis au secteur forestier de maintenir des normes de qualité environnementale extrêmement rigoureuses.

Le secteur forestier canadien fait cependant face à des pressions croissantes. De nouvelles sources de fibres provenant de concurrents non traditionnels, l'accroissement de la productivité des concurrents traditionnels du secteur forestier, la demande croissante de produits spécialisés et de produits de haute technologie, l'augmentation des coûts de la fibre canadienne et la réduction des réserves de bois d'œuvre économiquement accessibles sont autant de pressions qui s'exercent sur le secteur forestier et qui menacent la part du Canada sur le marché mondial. La compétitivité du secteur forestier sur la scène internationale dépend de notre capacité à réagir et à s'adapter à l'évolution des marchés national et international. Au pays, il importe de mettre en valeur les potentialités de la ressource, d'améliorer les procédés de production et de fabriquer des produits à valeur ajoutée. Sur la scène internationale, il faut nous appliquer à mieux connaître les demandes de nos clients, les exigences liées aux produits, les normes internationales et les codes du bâtiment.

Les recherches menées par le SCF contribuent à préserver la compétitivité du secteur forestier canadien en générant directement les connaissances scientifiques nécessaires pour accroître l'efficacité de la production et diversifier la gamme de produits forestiers. Le SCF contribue à l'innovation de l'aménagement forestier, à la mise au point de nouveaux produits forestiers et à l'amélioration des procédés de production en nouant des ententes de partenariat et de collaboration avec trois établissements à but non lucratif : Forintek Canada Corp. (produits ligneux solides), l'Institut canadien de recherches en génie forestier (ICRGF - génie forestier), et l'Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers (PAPRICAN - pâtes et papiers). Forintek Canada Corp. et l'ICRGF ont reçu des contributions financières importantes du SCF.

Le SCF participe activement à divers projets de Forintek Canada Corp. axés sur la mise au point de nouveaux produits à valeur ajoutée et de procédés de production. De façon plus précise, ces recherches portent sur l'étude et l'identification des champignons responsables de la tache de sève (champignons entraînant une décoloration du bois et réduisant de ce fait la valeur des produits forestiers de qualité supérieure), l'élaboration d'un procédé de séchage sous vide en présence de vapeur surchauffée pour les produits ligneux spécialisés, l'étude des propriétés particulières du bois de certaines essences de l'Ouest canadien. Des études de marché sur l'utilisation de parquet de bois dur mixte ont également été entreprises. Le SCF contribue également aux recherches de Forintek visant à promouvoir l'accès du secteur forestier canadien au marché international. Les projets sont axés sur la mise au point de modèles informatisés permettant de prévoir l'évolution des marchés pour les résineux et les grumes, l'harmonisation des normes canadiennes relatives à la préservation et à la protection du bois et la création de modèles informatisés pour la mise au point de matériaux ligneux de construction résistants au feu.

Le SCF a également financé une recherche sismique sur la résistance des structures en bois dans le cadre d'une série de simulations de tremblements de terre au Japon.

Le SCF et l'ICRGF mènent conjointement à bien des projets de recherche axés sur l'amélioration de la croissance des arbres, des pratiques sylvicoles et des méthodes d'abattage et de transport du bois. Les recherches en cours sont centrées sur la mise au point de méthodes d'abattage et de procédés sylvicoles de remplacement dans les peuplements boréaux mixtes, sur l'évaluation du potentiel des coupes d'éclaircie et des traitements de fertilisation pour réduire la sensibilité des pins tordus latifoliés aux attaques du dendroctone du pin ponderosa, et sur la transformation du carbone et de l'azote dans les écosystèmes forestiers côtiers.

L'expertise scientifique du SCF dans le domaine de la génétique et la biotechnologie de pointe ne cesse de s'accroître. Réagissant à l'augmentation de la demande de bois d'œuvre et d'autres produits ligneux et aux pressions qu'un tel phénomène exerce sur les ressources forestières existantes, les provinces et l'industrie délaissent progressivement l'aménagement intensif des forêts naturelles pour centrer leur attention sur l'aménagement des forêts de seconde venue et des plantations. Le succès de cette transition à la foresterie en plantation repose dans une large mesure sur l'utilisation d'arbres à croissance accélérée obtenus par sélection classique et par modification génétique. L'élaboration de technologies sylvicoles de pointe et de méthodes de lutte biologique à la fois efficaces et respectueuses de l'environnement jouera également un rôle déterminant dans l'établissement et la protection des plantations à haut rendement.

Les recherches du SCF dans le domaine de la biotechnologie ont déjà débouché sur l'introduction de techniques de transformation génétique à haut rendement qui permettent de produire des arbres modifiés génétiquement (transgéniques) présentant des caractéristiques souhaitables (p. ex., croissance accélérée, résistance aux facteurs de stress, résistance aux insectes et aux maladies). À l'heure actuelle, les scientifiques du SCF s'emploient à évaluer en laboratoire plus de 4 000 semis transgéniques. Réalisés en présence de conditions contrôlées, ces travaux permettent d'évaluer de façon approfondie la stabilité des semis avant l'étape des essais sur le terrain. Il est essentiel de s'assurer que les gènes modifiés génétiquement ne peuvent être transférés à l'environnement naturel. Des chercheurs du SCF, en collaboration avec divers établissements de recherche comme BC Research Inc., travaillent actuellement à mettre au point des méthodes permettant d'induire la stérilité reproductrice chez les arbres transgéniques.

Les recherches en embryogenèse somatique, une technologie de pointe qui permet de multiplier rapidement et de façon massive de nouvelles lignées améliorées à haut rendement, se poursuivent au SCF. Les travaux réalisés à ce jour par les scientifiques du SCF et les projets menés en collaboration avec des chercheurs de BC Research Inc. ont permis d'allonger la liste des espèces se prêtant à l'embryogenèse somatique. Un large éventail de résineux d'intérêt commercial, dont de nombreuses espèces d'épinettes, de mélèzes et de pins, peuvent être multipliés de cette façon. Des évaluations de méthodes améliorées permettant d'utiliser du matériel provenant d'arbres à maturité à des fins de multiplication par embryogenèse somatique sont en cours. Des recherches menées par des chercheurs du SCF ont également démontré que le matériel utilisé à des fins d'embryogenèse somatique conserve sa stabilité génétique même après avoir été soumis à des techniques de conservation cryogéniques. Il devient dès lors possible de mettre au point par génie génétique de nouvelles variétés de conifères en décongelant et en multipliant des lignées embryogènes (lignées) congelées dont la supériorité au plan du rendement a été démontrée par des épreuves génétiques. Enfin, d'autres recherches ont pour objet de trouver de nouvelles applications à l'embryogenèse somatique, cette fois pour des produits forestiers non ligneux tels que les produits pharmaceutiques et phytochimiques.

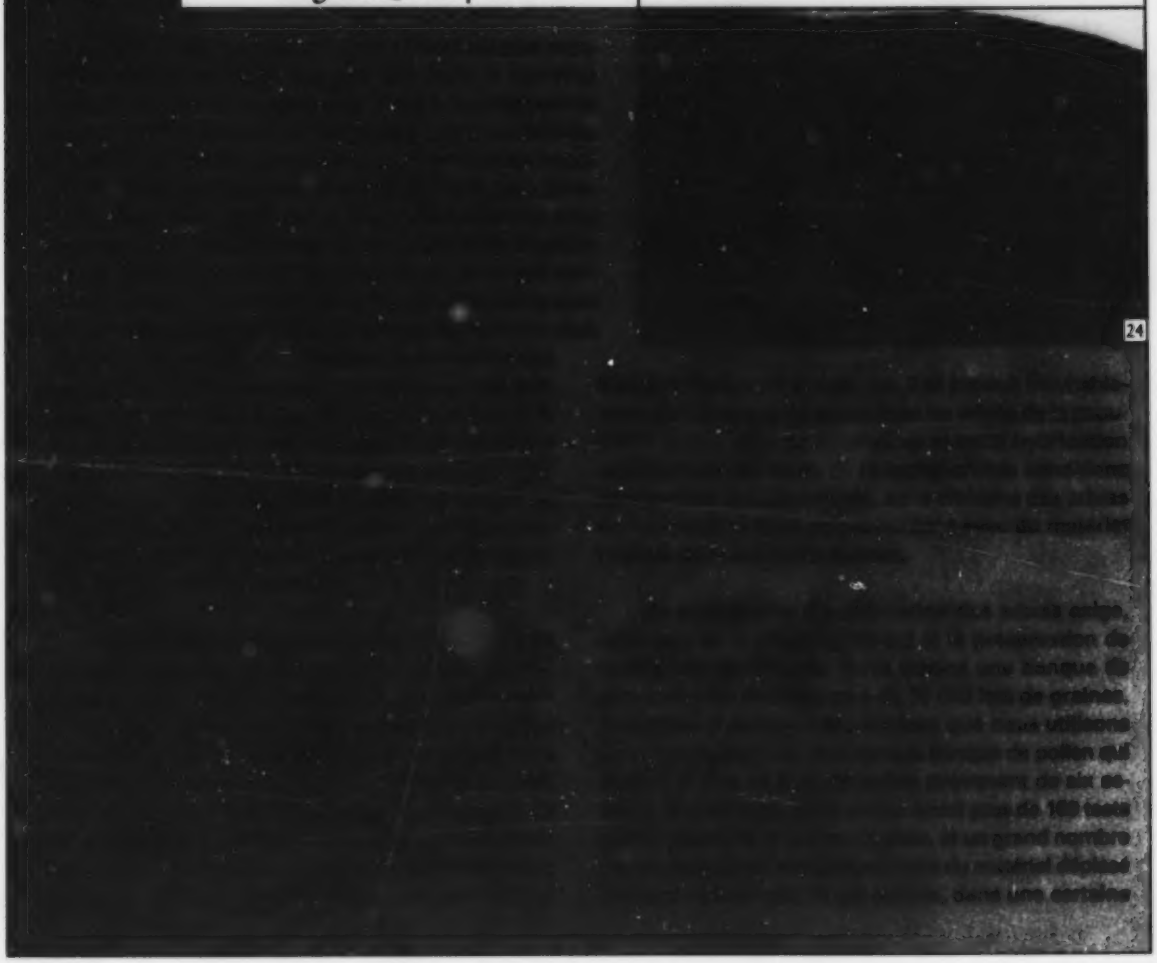
Le SCF s'efforce également d'identifier des indicateurs génétiques importants associés à la régulation de la densité du bois mûr chez l'épinette noire, à la résistance génétique au charançon du pin blanc chez l'épicéa commun et à des marqueurs spécifiques à la rouille vésiculeuse du pin blanc chez le pin blanc. Dans le cadre d'autres recherches, des scientifiques évaluent le potentiel d'une série de caractères morphologiques pour la sélection de semis d'épinettes blanches présentant un niveau de tolérance accru aux facteurs de stress environnementaux. Des chercheurs du SCF, en collaboration avec l'Université Laval, à Québec, ont étudié la variation de la résistance au gel chez l'épinette noire et ont déterminé les zones géographiques à l'intérieur desquelles les semis peuvent être transférés et plantés en toute sécurité. Les connaissances acquises dans le cadre de ces études

facilitent l'aménagement de plantations et livrent un foule de renseignements précieux sur les mécanismes de résistance aux insectes et aux maladies.

Reconnaissant la nécessité de mettre au point des méthodes novatrices de lutte contre les insectes nuisibles, le SCF a participé à des projets visant à identifier et à modifier génétiquement des baculovirus en vue de les utiliser contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. D'autres chercheurs s'emploient à mettre au point des méthodes plus efficientes pour la production des virus. D'autres projets de recherche sont axés sur l'identification et la mise en marché de phéromones naturelles à des fins de lutte antiparasitaire, et sur l'utilisation d'insectes parasitoïdes naturels, d'agents de neutralisation microbiens et de composés chimiques antiappétants naturels.

Pour être en mesure de se tailler une place avantageuse sur le marché mondial, le Canada doit utiliser de la façon la plus rationnelle possible ses ressources forestières, depuis les semis jusqu'aux produits finis. Dans le cadre des recherches qu'il entreprend, le SCF s'efforce de mettre au point des méthodes d'aménagement et d'exploitation novatrices, de mettre au point des lignées d'arbres croissant plus rapidement et présentant une meilleure résistance au stress, d'améliorer les méthodes de lutte antiparasitaire, de créer de nouveaux produits forestiers et d'accroître notre compréhension des facteurs du marché critique afin de faire en sorte que le Canada soit à l'échelle planétaire non seulement un concurrent sérieux dans le domaine du secteur forestier, mais aussi un chef de file dans le domaine de l'aménagement forestier durable.

Amélioration des arbres et génétique de pointe



facilitent l'aménagement de plantations et livrent un foule de renseignements précieux sur les mécanismes de résistance aux insectes et aux maladies.

Reconnaissant la nécessité de mettre au point des méthodes novatrices de lutte contre les insectes nuisibles, le SCF a participé à des projets visant à identifier et à modifier génétiquement des baculovirus en vue de les utiliser contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. D'autres chercheurs s'emploient à mettre au point des méthodes plus efficientes pour la production des virus. D'autres projets de recherche sont axés sur l'identification et la mise en marché de phéromones naturelles à des fins de lutte antiparasitaire, et sur l'utilisation d'insectes parasitoïdes naturels, d'agents de neutralisation microbiens et de composés chimiques antiappétants naturels.

Pour être en mesure de se tailler une place avantageuse sur le marché mondial, le Canada doit utiliser de la façon la plus rationnelle possible ses ressources forestières, depuis les semis jusqu'aux produits finis. Dans le cadre des recherches qu'il entreprend, le SCF s'efforce de mettre au point des méthodes d'aménagement et d'exploitation novatrices, de mettre au point des lignées d'arbres croissant plus rapidement et présentant une meilleure résistance au stress, d'améliorer les méthodes de lutte antiparasitaire, de créer de nouveaux produits forestiers et d'accroître notre compréhension des facteurs du marché critique afin de faire en sorte que le Canada soit à l'échelle planétaire non seulement un concurrent sérieux dans le domaine du secteur forestier, mais aussi un chef de file dans le domaine de l'aménagement forestier durable.

Amélioration des arbres et génétique de pointe

La recherche sur l'amélioration des plantes est plus complexe dans le domaine forestier que dans le domaine agricole. Les plantes cultivées font l'objet de programmes d'amélioration depuis très longtemps. Les programmes d'amélioration des arbres sont plus récents et les populations d'arbres demeurent diversifiées sur le plan génétique. Néanmoins, nous avons progressé beaucoup. Mes collègues du Centre de foresterie des Laurentides, Francine Bigras, Gaétan Daoust et Nathalie Isabel, ainsi que moi-même, avons récemment établi quatre différents marqueurs génétiques directement liés à la densité du bois mûr chez l'épinette blanche. En sélectionnant et en croisant des arbres dont l'ADN présente ces marqueurs, nous estimons pouvoir obtenir des gains génétiques de 5 % en ce qui concerne la qualité du bois. Nous travaillons actuellement à identifier d'autres marqueurs de l'épinette liés à des caractères importants sur le plan de l'économie et de l'adaptation ainsi que des marqueurs génétiques qui feront avancer l'étude générale du génome des conifères.

Nous nous intéressons vivement aux effets de l'amélioration des arbres sur la biodiversité, notamment à l'effet de l'introduction de semences exogènes dans le complexe des semences adaptées localement. Nous considérons que les populations locales sont bien adaptées aux conditions du lieu où elles se trouvent. Toutefois, la plupart des projets de reboisement comportent l'introduction, dans une certaine zone, de semences et de semis qui proviennent d'ailleurs. Lorsque les arbres découlant du matériel introduit atteignent la maturité, il se produit inévitablement des échanges de pollen avec les arbres de la population locale. Afin de déterminer si cette hybridation entraîne une réduction de l'adaptation aux conditions locales chez la descendance, nous croisons des arbres de nos propres tests de provenance avec du matériel prélevé dans les forêts locales.

Un programme d'amélioration des arbres exige, entre autres, le développement et la préservation de ressources génétiques. Nous tenons une banque de semences qui contient plus de 10 000 lots de graines, recueillies chez toutes les espèces que nous utilisons dans nos recherches, ainsi qu'une banque de pollen qui renferme plus de 9 kg de pollen provenant de six espèces de conifères. Nous avons établi plus de 100 tests génétiques dans le sud du Québec, et un grand nombre de nos tests de provenance utilisent du matériel déplacé du nord vers le sud, ce qui simule, dans une certaine

mesure, l'effet du réchauffement climatique sur la croissance des arbres. Ces tests seront très utiles pour estimer l'effet des changements climatiques planétaires sur les forêts locales. — **Jean Beaulieu**, chercheur scientifique, Centre de foresterie des Laurentides ■

Armand Séguin

Arbres résistants aux ravageurs grâce au génie génétique

25

Le génie génétique constitue une méthode rapide et fiable pour produire un arbre présentant les caractères qu'on recherche. Les méthodes traditionnelles d'amélioration des arbres exigent que les gènes soient combinés au hasard. Il est possible que l'on réussisse à améliorer un caractère comme la résistance aux ravageurs, mais on risque du même coup de modifier un caractère recherché, comme le rythme de croissance. Puisque le génie génétique nous permet de travailler avec un seul gène et un seul caractère à la fois, il constitue une méthode beaucoup plus précise d'amélioration des arbres. Mais il coûte aussi beaucoup plus cher, à cause de la technologie, du personnel, du matériel et de l'équipement nécessaires. Toutefois, des progrès récents dans la transformation et la mise au point d'outils ont réduit considérablement les coûts de la technologie. Grâce à des techniques que nous avons mises au point au cours des dix dernières années, même de petites entreprises de biotechnologie peuvent maintenant envisager de produire leurs propres arbres transgéniques.

Le génie génétique se fonde sur un principe très simple — le fonctionnement des gènes. Nous cherchons à introduire dans un arbre une protéine responsable d'un caractère. *Bacillus thuringiensis* (*B.t.*), par exemple, largement utilisé comme insecticide non chimique contre les larves de lépidoptères, est une protéine. Dans le passé, la protéine *B.t.*, que l'on trouve normalement dans des bactéries, était cultivée en laboratoire et ensuite pulvérisée sur les arbres. Ce type de protéine fait partie de l'environnement depuis un certain temps. Nous utilisons maintenant, comme plusieurs laboratoires de génie génétique, une approche différente : nous mettons au point des arbres qui produiront *B.t.* directement. Pour ce faire, nous isolons le gène qui code pour la protéine *B.t.* pour ensuite l'insérer dans l'espèce d'arbre que nous souhaitons rendre plus résistante. Un important collaborateur dans cette recherche, Illimar Altosaar, de l'Université d'Ottawa, a récemment mis au point un gène synthétique de *B.t.*

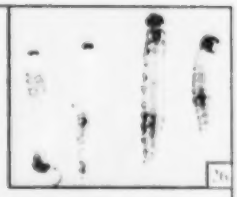
Nous savons que les insectes développent inévitablement une résistance naturelle à une mesure de lutte unique. Dans les arbres auxquels nous conférons une résistance à un insecte grâce au génie génétique, nous pouvons appliquer une technique qui consiste à insérer deux gènes distincts ou plus, chacun possédant un mode d'action différent contre un insecte cible. Pour nos arbres producteurs de *B.t.*, nous voulons utiliser un gène promoteur dont l'action est déclenchée par une blessure, déclenchant la production de *B.t.* quand l'arbre subit un stress physiologique causé par l'attaque d'insectes. Comme deuxième mode d'action, nous envisageons d'ajouter un gène inhibiteur de la protéase. Les inhibiteurs de la protéase sont de petites protéines qui se fixent aux enzymes produites dans l'organisme des insectes, entraînant une production excessive d'enzymes. L'insecte ne meurt pas, mais son développement ralentit ou s'arrête. En combinant le gène de *B.t.* et le gène inhibiteur de la protéase, nous réduisons de façon exponentielle, plutôt que de la réduire de moitié, la possibilité que l'insecte développe une immunité à *B.t.* — **Armand Séguin**, chercheur scientifique, Centre de foresterie des Laurentides ■

Arthur Retnakaran

Lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette à l'aide de la biotechnologie

En mettant au point des produits agissant spécifiquement sur certains ravageurs et en réduisant l'utilisation d'insecticides à large spectre, nous pouvons diminuer les pertes économiques causées par les ravageurs forestiers et minimiser les effets indésirables sur l'environnement. L'avènement de la biotechnologie a permis de mettre au point des biopesticides ciblés. Nous recourons à la biotechnologie pour comprendre le fonctionnement d'un insecte ravageur sur le plan moléculaire et utilisons cette information pour établir de meilleures méthodes de lutte contre cet insecte. Non seulement nous comprenons la biologie de l'insecte au niveau fondamental, mais nous pouvons également déterminer les étapes vulnérables, pendant lesquelles nous pouvons exercer notre action. Au cours de leurs millions d'années d'évolution, les insectes ont développé un arsenal de moyens pour déjouer nos stratégies de lutte. Nous devons donc mettre au point un grand nombre de méthodes de lutte, de façon à posséder des solutions de rechange si l'insecte développe une résistance à certaines d'entre elles.

Nous travaillons, entre autres, à une méthode de lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, qui se fonde sur le fait que la larve doit périodiquement se débarrasser de son exosquelette. Quand une larve atteint une certaine taille, elle doit muer pour poursuivre sa croissance. La tordeuse des bourgeons de l'épinette, par exemple, passe par six stades larvaires et arrête ensuite de se nourrir pour se transformer en pupe, d'où émergera le papillon adulte. Nous savons maintenant que la mue est déclenchée par une hormone de mue, qui induit l'expression d'une séquence de gènes. Les produits de ces gènes sont responsables de toutes les transformations que subit la larve pendant le processus de mue et de métamorphose. Nous avons identifié plusieurs gènes régulateurs importants qui contrôlent le processus de mue.



En outre, nos collègues travaillant en virologie ont caractérisé certains baculovirus qui s'attaquent spécifiquement à la tordeuse des bourgeons de l'épinette et mis au point des méthodes pour introduire des gènes étrangers dans ces virus. Nous avons inséré un gène régulateur de la mue, isolé à partir de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, dans le virus de la tordeuse pour rendre le virus plus virulent. Dès qu'elle ingère le virus transgénique, la larve cesse de se nourrir et entreprend une mue précoce et incomplète, qui est létale. Bien que nous ayons prouvé le fonctionnement du concept, nous devons parfaire et optimiser la formule avant d'entreprendre des essais sur le terrain, en milieu fermé. La méthode est attrayante parce que nous n'introduisons rien de nouveau dans l'écosystème : le gène que nous insérons vient de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Le virus s'attaque spécifiquement à cette tordeuse, ce qui rend la stratégie de lutte intéressante du point de vue de l'environnement.

Les techniques de pointe de la biologie moléculaire nous permettent maintenant d'établir des méthodes de lutte plus efficaces et plus puissantes, sans danger pour l'environnement, mais ciblant spécifiquement certains ravageurs. Notre équipe du Centre de foresterie des Grands Lacs se penche actuellement sur beaucoup d'autres concepts. — **Arthur Retnakaran,** chef de projet, Service de biotechnologie, Centre de foresterie des Grands Lacs. ■

Pierre-Yves Bernier

Élaboration d'un modèle de productivité forestière à partir du projet ECOLEAP

Un des principaux objectifs de l'Effort concerté pour lier l'écophysiologie à la productivité (ECOLEAP) consiste à rassembler les résultats d'études individuelles en un modèle spatial de la productivité des forêts. On cherche ainsi à intégrer la recherche scientifique et la collecte d'informations utiles à l'étude de problèmes de nature internationale, aux fins de l'évaluation de la productivité du paysage canadien, de la définition de la biomasse forestière et de l'évaluation du potentiel des sites. Toutes ces questions sont importantes pour nos clients.

L'évaluation de la productivité des forêts dépend toujours, au Canada, de la mesure périodique de places-échantillons permanentes. L'intervalle qui sépare habituellement chaque série de mesures varie entre cinq

et dix ans, selon les besoins des programmes. Ces mesures sont ensuite comparées à des cartes des types forestiers pour produire des estimations globales de la productivité de vastes territoires. Cette procédure s'appuie essentiellement sur la notion d'indices de qualité de station, une évaluation fondée sur la hauteur des arbres à un âge donné. Il s'agit d'une méthode classique qui tire ses origines de l'aménagement traditionnel européen de forêts constituées d'arbres d'une seule espèce et du même âge. Elle s'est avérée utile par le passé, mais les problèmes émergents exigent aujourd'hui des informations que la méthode des places-échantillons paraît incapable de fournir. Une méthode empirique classique ne peut permettre d'identifier les mécanismes sous-jacents de la croissance et ne peut donc pas servir à prédire les effets d'événements extérieurs comme les pullulations d'insectes et le changement climatique. Nous avons en outre besoin d'évaluer l'erreur liée aux estimations de la productivité, un facteur très difficile à évaluer à l'aide des méthodes actuelles. Nous avons donc besoin d'un outil qui tiendrait compte de ces facteurs ainsi que des erreurs liées aux prévisions dans le temps.

Nous devons en outre faire en sorte que l'outil proposé soit jugé utile par les aménagistes forestiers. Notre objectif ultime consiste à élaborer un modèle fondé sur les processus, qui s'appuiera sur des variables biophysiques telles que la température, les précipitations, le rayonnement solaire absorbé par les plantes et une représentation numérique de la topographie. L'élaboration et la mise en œuvre d'un tel modèle prendront du temps. Toutefois, dans divers organismes canadiens d'inventaire forestier, les gens fonctionnent dans un contexte opérationnel : ils sont responsables de fournir d'énormes quantités d'informations à des clients dont les décisions influent sur la planification et des investissements en infrastructure évalués à des millions de dollars. Ces personnes utilisent des méthodes connues et n'adhéreront pas facilement à une méthodologie radicalement différente. En guise de première étape vers l'adoption d'outils plus complexes, nous produirons des outils de prévision simplifiés qui pourront être incorporés facilement dans les procédures opérationnelles. Ces outils nous permettront ensuite d'élaborer une procédure plus complète et de faciliter ainsi, à terme, l'adoption par les aménagistes forestiers d'outils plus complexes fondés sur des paramètres biophysiques. — **Pierre Yves Bernier**, spécialiste en écophysiologie forestière, Centre de foresterie des Laurentides

La liste des membres principaux du projet ECOLEAP comprend en outre Frédéric Raulier, Huor Ung, Gilles Robitaille, Mike Lavigne et Guy Larocque. ■

6

Aménagement forestier : pratiques d'intendance

Le secteur forestier canadien est maintenant confronté à la lourde tâche de répondre à la demande mondiale de fibres fiables et réglementées tout en tentant de trouver un juste équilibre entre un certain nombre d'impératifs contraignants et souvent contradictoires, à savoir protéger l'environnement, prendre des décisions sylvicoles socio-économiquement rationnelles et préserver un paysage forestier se prêtant à des utilisations récréatives et à l'exploitation de produits non ligneux. Pour assumer ces responsabilités et préserver la pérennité des forêts canadiennes, les aménagistes et travailleurs forestiers ont besoin de toute urgence d'information technique et d'outils d'aide à la décision adaptés à leurs besoins immédiats, efficaces, souples, adaptables et perfectibles.

Les recherches viennent continuellement enrichir l'état de nos connaissances sur la science forestière, et l'expérience acquise sur le terrain nous fournit des indications fort précieuses sur la façon dont nous pouvons accroître l'efficacité de nos pratiques forestières. Afin de favoriser la diffusion des nouvelles connaissances et technologies et de faire connaître les lacunes aux plans des connaissances et les besoins en matière d'aménagement, il importe de maintenir et de resserrer les liens étroits entre les chercheurs et les intervenants forestiers. Il faut accélérer la conversion des données scientifiques en guides et manuels techniques adaptés aux besoins des intervenants forestiers et multiplier les occasions de partager le savoir-faire acquis par la pratique. Pour utiliser de manière plus efficace l'information à mesure qu'elle devient disponible, il faut élaborer des méthodes de communication de l'information et des modèles de prévision permettant d'intégrer les connaissances biologiques et opérationnelles. Enfin, il importe probablement encore davantage d'offrir aux aménagistes forestiers des options de rechange viables et éprouvées en matière de méthodes d'exploitation forestière.

Un des objectifs clairement énoncés du programme de S-T du SCF consiste à fournir aux intervenants forestiers les outils et l'information dont ils ont besoin pour raffiner les pratiques d'aménagement forestier durable. En axant directement les recherches sur les processus des écosystèmes forestiers, l'incidence des pratiques forestières, l'état des forêts, la biodiversité des forêts, les ravageurs forestiers, les incendies de forêt et le changement climatique, le SCF amasse des données scientifiques pertinentes et les utilise pour mettre au point des technologies et des méthodes et modèles de prévision que les aménagistes pourront utiliser directement comme outils d'aide à la décision. Le transfert de technologie, la commercialisation et la mise au point de pratiques forestières efficaces et rentables font partie intégrante du mandat du SCF.

Les chercheurs du SCF présentent des affiches et des articles dans le cadre de congrès et d'ateliers, organisent des expéditions sur le terrain et des démonstrations de transfert de technologie et publient régulièrement les résultats de leurs recherches dans des revues scientifiques possédant un comité de lecture, dont la *Revue canadienne de recherche forestière* et le *Journal canadien de botanique*. Afin de faire en sorte que les Canadiens demeurent bien informés des principaux enjeux liés à la foresterie qui influent sur l'orientation future de son programme scientifique, le SCF a publié une série d'articles contextuels traitant de divers sujets comme l'état des forêts, les ravageurs forestiers exotiques et les effets du changement climatique. Des documents de travail examinant le potentiel de baculovirus modifiés génétiquement comme agents de lutte et exposant les plans stratégiques pluriannuels applicables à la biodiversité des forêts et à la recherche dans le domaine de la bioénergie ont également été diffusés.

Afin de diffuser de l'information et de favoriser le transfert de technologie dans le domaine de la biodiversité, le SCF a mis sur pied le Centre national des ressources

génétiques forestières et le Centre national de semences forestières au Centre de foresterie de l'Atlantique. Cet établissement contribuera à préserver la diversité génétique des forêts et permettra aux chercheurs régionaux, nationaux et internationaux d'obtenir facilement des semences d'arbres. Des chercheurs du SCF s'affairent présentement à cataloguer les principaux taxons, incluant des plantes et des arthropodes, de diverses forêts représentatives réparties dans diverses régions du Canada. Ils mettent au point des méthodes d'identification des ectomycorhizes, champignons dont la présence et les fonctions dans les sols forestiers influent directement sur la productivité des forêts. Afin d'établir l'origine de champignons pathogènes introduits, dont l'agent du chancre scléroderrien, des scientifiques du SCF comparent des échantillons de chancre prélevés en Ontario à d'autres échantillons provenant d'Europe. D'autres chercheurs s'emploient à mettre au point des méthodes simples et conviviales de détection de la rouille vésiculeuse du pin blanc dans les pépinières commerciales et à déterminer les mécanismes de propagation du champignon. Le Centre de foresterie du Pacifique offre sur son site Web (http://www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca/main/index.html) un accès direct à un index des agents fongiques répertoriés en Colombie-Britannique et de leurs plantes hôtes (*British Columbia Host-Fungus Index*) et une base de données contenant les données d'enregistrement des spécimens de l'herbier, et un accès direct à un système d'identification des insectes et agents pathogènes forestiers. Cet index et la base de données comportent des possibilités d'interrogation.

Un système d'aide à la décision applicable à la tordeuse des bourgeons de l'épinette conçu par des chercheurs du SCF aide directement les aménagistes forestiers des Maritimes et du Québec à planifier les régimes d'exploitation forestière de manière à réduire au minimum les dommages causés par le ravageur. Des chercheurs du SCF ont également élaboré et s'emploient actuellement à évaluer et à améliorer des techniques permettant de manipuler les peuplements forestiers de manière à réduire les risques d'infestation par les ravageurs et le nombre de traitements insecticides. D'autres chercheurs du SCF, en collaboration avec le ministère québécois des Ressources naturelles, l'Université Laval, à Québec, et l'Université Carleton, à Ottawa, utilisent les connaissances actuelles sur la dynamique des populations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette pour élaborer des méthodes d'intervention précoce prenant en compte la façon dont les infestations se forment et s'intensifient. En outre, en analysant les tendances liées aux défoliations causées dans le passé par la tordeuse, les chercheurs du SCF ont mis au point un outil de prévision des défoliations en vue de l'utiliser au cours de la prochaine infestation du ravageur au Québec.

Les tendances temporelles, spatiales et comportementales liées aux ravageurs forestiers retiennent également l'attention du SCF. Au Québec, des chercheurs du SCF ont mis au point un outil logiciel, BIOSIM, qui utilise des modèles de simulation pour prévoir les étapes critiques du cycle de développement saisonnier des insectes nuisibles. Le logiciel peut facilement être utilisé dans d'autres régions forestières du pays, car on peut le modifier en fonction des valeurs de la température de l'air et des précipitations. BIOSIM est utilisé actuellement en Colombie-Britannique dans le cadre d'un programme de lutte contre la spongieuse. Les chercheurs du SCF poursuivent leurs recherches en vue de découvrir, d'homologuer et de commercialiser des phéromones d'insectes aux fins de la surveillance et de la répression de ravageurs indigènes et exotiques. On évalue présentement diverses substances naturelles présentant des propriétés insecticides, comme l'azadirachtine, afin d'en établir l'innocuité pour l'environnement, l'efficacité et les coûts d'utilisation dans le cadre d'éventuels programmes de lutte contre les ravageurs forestiers.

Grâce aux recherches menées par le SCF, les aménagistes forestiers disposent maintenant d'un outil de gestion de la densité des peuplements d'épinettes noires. Cette méthode permet de déterminer de façon objective l'espacement initial et la densité des éclaircies permettant d'atteindre les objectifs liés au rendement des peupl.-ments, à la végétation et à la gestion des espèces sauvages. Ses concepteurs s'emploient présentement à l'adapter de manière à en permettre l'application à d'autres essences commerciales. Des scientifiques du SCF participent en Alberta à un projet de recherche à long terme visant à évaluer diverses méthodes d'abattage novatrices permettant de prélever les peupliers faux-trembles parvenus à un stade avancé de leur croissance dans un site donné tout en conservant en partie ou en totalité la régénération d'épinettes blanches également parvenue à un stade avancé. Les résultats obtenus au cours des cinq premières années du projet permettent de penser que les aménagistes forestiers peuvent protéger efficacement entre 50 % et 60 % des épinettes résiduelles tout en obtenant des accroissements en diamètre et en volume importants parmi les arbres conservés. Diverses sociétés d'exploitation forestière ont déjà adopté les méthodes sylvicoles ayant fait l'objet de démonstrations et ont

entrepris de les modifier. Des scientifiques du SCF participent au Black Sturgeon Boreal Mixedwood Research Project, initiative conjointe réalisée en Ontario dans des forêts mixtes de seconde venue dominées par l'épinette, le sapin et le peuplier. Ce projet est centré sur l'étude des effets de l'exploitation sur les arbres résiduels et de l'évolution de la succession végétale après la perturbation et sur l'instauration de méthodes d'abattage et de pratiques sylvicoles de remplacement.

Afin de fournir aux aménagistes forestiers les informations opérationnelles indispensables dont ils ont besoin, les scientifiques du SCF, en collaboration avec un comité consultatif chargé d'examiner les besoins des clients, ont entrepris de rédiger un important rapport sur les coûts et les avantages de la coupe partielle comme solution de rechange à la coupe à blanc. Le rapport, entièrement fondé sur des résultats scientifiques, représentera une contribution tangible et positive aux discussions futures sur les solutions de rechange à la coupe à blanc. Déjà, les travaux menés par le SCF dans le cadre du projet conjoint Systèmes sylvicoles de substitution en forêt montagnarde (MASS) ont incité la société MacMillan Bloedel Limitée (aujourd'hui Weyerhaeuser Company Limited) à réduire ses opérations de coupe à blanc dans les forêts côtières de la Colombie-Britannique. À la suite de la diffusion des résultats de cette recherche, d'importantes modifications ont été apportées aux pratiques d'exploitation dans les forêts montagnardes. Par ailleurs, les résultats du projet de collaboration Chronoséquences des forêts côtières, comparant les stades de développement de la forêt depuis la régénération jusqu'au stade de vieux peuplement, sont utilisés pour orienter le choix des plans d'exploitation de rechange ne prévoyant pas de coupe à blanc sur les terres privées.

Le SCF a joué et entend continuer de jouer à l'échelle nationale un rôle de chef de file dans l'élaboration d'outils et de techniques spécifiques, de modèles de prévision et de lignes directrices en vue de permettre au personnel forestier d'accroître l'efficacité des pratiques d'aménagement tout en protégeant l'environnement et en optimisant les retombées sociales et économiques. L'amélioration des méthodes d'exploitation de rechange et l'acquisition d'un savoir-faire dans l'aménagement intensif des forêts de seconde venue et des plantations constituent les deux prochains enjeux d'intendance. Le SCF s'efforce déjà d'amasser les informations voulues pour atteindre ces objectifs et, de façon plus globale, de promouvoir l'aménagement forestier durable.

Identification des facteurs influant sur la régénération du peuplier dans le nord de l'Alberta

entrepris de les modifier. Des scientifiques du SCF participent au Black Sturgeon Boreal Mixedwood Research Project, initiative conjointe réalisée en Ontario dans des forêts mixtes de seconde venue dominées par l'épinette, le sapin et le peuplier. Ce projet est centré sur l'étude des effets de l'exploitation sur les arbres résiduels et de l'évolution de la succession végétale après la perturbation et sur l'instauration de méthodes d'abattage et de pratiques sylvicoles de remplacement.

Afin de fournir aux aménagistes forestiers les informations opérationnelles indispensables dont ils ont besoin, les scientifiques du SCF, en collaboration avec un comité consultatif chargé d'examiner les besoins des clients, ont entrepris de rédiger un important rapport sur les coûts et les avantages de la coupe partielle comme solution de rechange à la coupe à blanc. Le rapport, entièrement fondé sur des résultats scientifiques, représentera une contribution tangible et positive aux discussions futures sur les solutions de rechange à la coupe à blanc. Déjà, les travaux menés par le SCF dans le cadre du projet conjoint Systèmes sylvicoles de substitution en forêt montagnarde (MASS) ont incité la société MacMillan Bloedel Limitée (aujourd'hui Weyerhaeuser Company Limited) à réduire ses opérations de coupe à blanc dans les forêts côtières de la Colombie-Britannique. À la suite de la diffusion des résultats de cette recherche, d'importantes modifications ont été apportées aux pratiques d'exploitation dans les forêts montagnardes. Par ailleurs, les résultats du projet de collaboration Chronoséquences des forêts côtières, comparant les stades de développement de la forêt depuis la régénération jusqu'au stade de vieux peuplement, sont utilisés pour orienter le choix des plans d'exploitation de rechange ne prévoyant pas de coupe à blanc sur les terres privées.

Le SCF a joué et entend continuer de jouer à l'échelle nationale un rôle de chef de file dans l'élaboration d'outils et de techniques spécifiques, de modèles de prévision et de lignes directrices en vue de permettre au personnel forestier d'accroître l'efficacité des pratiques d'aménagement tout en protégeant l'environnement et en optimisant les retombées sociales et économiques. L'amélioration des méthodes d'exploitation de rechange et l'acquisition d'un savoir-faire dans l'aménagement intensif des forêts de seconde venue et des plantations constituent les deux prochains enjeux d'intendance. Le SCF s'efforce déjà d'amasser les informations voulues pour atteindre ces objectifs et, de façon plus globale, de promouvoir l'aménagement forestier durable.

IVOR EDWARDS

Identification des facteurs influant sur la régénération du peuplier dans le nord de l'Alberta

Vers le milieu des années 1980, une série de méthodes permettant d'utiliser le peuplier pour produire du bois et du papier ont été élaborées, et le gouvernement de l'Alberta a délivré des permis aux sociétés qui souhaitaient se lancer dans l'exploitation des peupleraies. La régénération du peuplier s'effectue principalement par voie végétative. Lorsqu'un arbre est coupé, de nouvelles pousses, appelées « drageons » se forment à partir des racines et produisent un nouvel arbre. L'aspect intéressant de cette caractéristique était bien évident — les coûts de la régénération postexploitation sont nuls. Toutefois, les autorités provinciales ont découvert que la régénération du peuplier ne s'effectuait pas de façon satisfaisante le long des pistes de débardage et, au début des années 1990, le groupe de recherches sylvicoles du SCF a été invité à examiner le problème. En raison de mon expérience dans le domaine de la chimie des sols, j'ai été chargé d'étudier les conditions pédologiques dans les parcelles de coupe.

En 1994, nous avons commencé à étudier comment s'effectue l'exploitation du peuplier à Manning, en Alberta,

à 700 km au nord-ouest d'Edmonton. Bien que des abatteuses-empileuses et des débusqueuses lourdes étaient utilisées dans le cadre des activités de coupe, ces machines ne semblaient pas endommager les racines des arbres. Le problème, dès lors, devait résulter du compactage du sol. Lorsqu'elle est effectuée durant les périodes humides de l'été, l'exploitation a des effets néfastes sur certaines propriétés critiques des sols comme la porosité et la densité apparente, en particulier dans les sols à texture fine qui, par nature, contiennent peu d'espace lacunaire de grande taille. L'intensité du drageonnement varie en fonction de la température. Pour que la température d'un sol s'élève suffisamment pour favoriser un niveau de drageonnement optimal, il faut que ce sol contienne un certain nombre de pores remplis d'air. Un sol humide demeure frais et inhibe le drageonnement. Tout facteur contribuant à réduire la température du sol, comme un taux d'humidité excessif ou une faible porosité, représente un obstacle à la régénération.

Une solution partielle au problème pourrait consister à reporter la coupe en hiver. Le sol étant alors gelé, les problèmes occasionnés par le compactage et la réduction de la porosité du sol sont négligeables. L'inconvénient pour certaines sociétés forestières, c'est que le coût unitaire de l'exploitation est plus élevé en hiver qu'en été. Toutefois, pour assurer la meilleure régénération possible du peuplier, l'hiver semble le meilleur moment de l'année pour procéder à la coupe, à moins qu'il soit possible d'exploiter les sites présentant un sol à texture fine par temps sec, à la fin de l'été et à l'automne. — **Ivor Edwards**, chercheur, Centre de foresterie du Nord. ■

Alan Mitchell

Tolérance des semis au stress en cas de rétention partielle du couvert forestier après la coupe

Dans le cadre d'un projet visant à évaluer différentes solutions de rechange à la coupe à blanc, j'ai comparé les effets de divers degrés de rétention du couvert forestier après la coupe sur la régénération dans des peuplements naturels et des plantations. En d'autres mots, l'objectif consistait à déterminer comment le degré d'ombre fourni par le couvert influe sur la régénération. Pour bien des gens, la manipulation de la densité du couvert a pour but de faire varier la quantité de lumière qui parvient jusqu'aux plantes. Mon but est de déterminer si les plantes sont réellement sensibles à cette variation. À cette fin, j'ai mesuré les concentrations foliaires d'azote et de chlorophylle, le taux de rétention d'eau et l'activité photosynthétique — caractéristiques physiologiques jouant un rôle déterminant dans la régénération. La plupart de mes travaux ont lieu à la station de recherche sur les Systèmes sylvicoles de substitution en forêt montagnarde (MASS), située près de Campbell River, dans l'île de Vancouver, en Colombie-Britannique. Cette station est le fruit d'un partenariat dirigé par le SCF et MacMillan Bloedel Limitée (maintenant Weyerhaeuser Company Limited) mettant à contribution l'Institut canadien de recherches en génie forestier, le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, l'Université de Victoria et l'Université de la Colombie-Britannique.

Nos recherches révèlent que les effets sur les arbres des divers régimes sylvicoles étudiés diffèrent peu. Les espèces d'arbres tolérant l'ombre représentent évidemment le meilleur choix en cas de rétention partielle du couvert forestier. Nous avons cependant constaté que les arbres paraissent relativement peu sensibles au degré d'ombre auquel ils sont exposés et semblent n'éprouver aucune difficulté à tolérer des conditions extrêmement diversifiées. Par manipulation artificielle,

nous avons soumis des semis à des conditions d'ombrage et à des quantités d'éléments nutritifs différentes, et nous avons noté qu'il faut environ 60 % d'ombre pour provoquer une réduction significative de la biomasse des semis. Les arbres s'acclimatent lorsque l'ampleur du changement environnemental s'élève suffisamment. Je me propose maintenant de déterminer les seuils qui induisent cette réponse. J'espère également découvrir l'explication physiologique de la tolérance au stress et établir s'il s'agit d'une caractéristique constante ou, au contraire, variable. — **Alan Mitchell**, spécialiste de la physiologie des arbres, Centre de foresterie du Pacifique. ■

Peter Newton

Outil d'aide à la décision relative à la densité des peuplements fondé sur des critères biologiques

La manière dont les arbres se disputent entre eux pour l'espace disponible influe sur la quantité et la qualité du bois qu'on peut tirer d'un peuplement. L'analyse de la croissance végétale a longtemps occupé une place importante dans la recherche agricole. Les agronomes ont découvert qu'en modifiant l'environnement d'une plante par la maîtrise de la densité, ils pouvaient contribuer à faire développer la composante d'une plante présentant le plus grand intérêt commercial. Chez le maïs, les efforts sont centrés sur l'épi. Chez les arbres, c'est la taille de la tige qui est habituellement visée.

Les chercheurs appliquent maintenant les techniques d'analyse de la croissance végétale aux arbres. Nous avons découvert les mécanismes par lesquels les diverses parties d'espèces d'arbres particulières sont affectées par le stress lié à la densité et, inversement, lorsque le niveau de compétition s'abaisse, les parties qui réagissent à l'espace additionnel fourni à l'arbre. En me basant sur les résultats de ces études, j'ai élaboré un outil d'aide à la décision tenant compte de la densité de peuplement. Ce programme informatique génère un grand nombre de simulations de la croissance de l'arbre en présence de diverses combinaisons de qualité du site, d'espacement entre les arbres et d'autres caractéristiques liées à l'exploitation. Il aide les aménagistes forestiers à déterminer l'espacement optimal qu'il convient de prévoir entre les arbres durant leur culture afin de réduire le temps requis pour produire un peuplement de qualité marchande.

L'utilité de cet outil d'aide à la décision découle en partie du fait qu'il s'appuie sur des concepts écologiques et biologiques. Les relations qui le sous-tendent ne sont pas uniquement des équations empiriques; elles incluent également un élément de la relation entre l'auto-éclaircie et le rendement, laquelle est à la base de la croissance et de la compétition chez les communautés végétales. Tel qu'il est actuellement conçu, le modèle inclus dans le programme permet de simuler la croissance de l'épinette noire, mais je m'emploie actuellement à l'adapter à un certain nombre d'autres espèces d'arbres, en collaboration avec des collègues de l'Ontario et de la Colombie-Britannique. J'ai également élargi la portée du programme afin de décrire la dynamique du carbone, de manière à pouvoir déterminer l'incidence de divers régimes de densité sur le bilan net du carbone.

Je me propose maintenant d'adapter ce programme en vue de simuler l'ensemble complet des régimes d'aménagement qui sont actuellement mis en place à l'échelle du Canada, qui vont de l'aménagement naturel des peuplements et des régimes de rétention partielle du couvert forestier jusqu'à l'aménagement intégral des plantations. De nombreux aménagistes forestiers délaissent le mode d'aménagement naturel des peuplements pour un mode d'aménagement prévoyant des éclaircies précommerciales et des régimes de rétention partielle du couvert forestier. Il est donc essentiel pour nous d'intégrer ces régimes d'aménagement dans notre programme. — **Peter Newton**, biomathématicien et forestier, Centre de foresterie des Grands Lacs ■

David Gray

Modélisation de la dynamique spatiale des infestations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec

La dernière épidémie causée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec a sévi de 1965 à 1994. Le volume de bois détruit par le ravageur durant cette période était équivalent à environ dix ans d'exploitation. Une nouvelle épidémie semble en voie de se déclarer dans l'ouest du Québec, dans la vallée de l'Outaouais. Nous tentons actuellement de déterminer quand et où cette épidémie va se manifester et d'en estimer la gravité. De concert avec mon collègue Jacques Régnière, chercheur au Centre de foresterie des Laurentides, et Bruno Boulet, du ministère des Ressources naturelles du Québec, je m'emploie à mettre au point un modèle de prédiction des infestations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

À cette fin, nous avons examiné les caractéristiques de la dernière infestation, en supposant que certaines d'entre elles se répéteront au cours de la prochaine infestation. Nous disposons d'une excellente base de données fournie par le ministère des Ressources naturelles du Québec — des données annuelles sur les taux de défoliation signalés dans chaque point d'observation à l'échelle de la province. Le Ministère a divisé la province en 9 500 cellules. Nous avons assigné 30 caractéristiques à chacune de ces cellules (une caractéristique pour chacune des années comprises entre 1965 et 1994), puis attribué une valeur numérique à chacune d'elles. Par exemple, la valeur 0 correspond à un taux de défoliation nul et la valeur 1, à un taux de défoliation modéré. En regroupant les cellules présentant le plus fort niveau de similarité, nous avons obtenu 25 types d'infestations différents durant l'épidémie 1965-1994. Nous nous sommes fondés sur cette information pour élaborer un modèle permettant de prédire l'activité de la tordeuse au cours des trente prochaines années.

31

Selon ce nouveau modèle, la prochaine épidémie de tordeuse devrait balayer la province d'ouest en est. Dans une région donnée, l'infestation devrait durer entre trois et douze ans.

Notre modèle est-il fiable? Il se peut qu'il ne soit pas exact, mais certaines de ses prédictions se sont déjà concrétisées. En effet, comme le prédisait notre modèle, les grandes tendances de la dernière épidémie se répètent, les premiers signes de la nouvelle infestation ont été observés il y a quelques années dans la vallée de l'Outaouais, et nous assistons au début d'une infestation dans la vallée de la rivière Saint-Maurice.

Sous sa forme actuelle, notre modèle est purement empirique. Notre prochaine tâche consiste à amasser les preuves scientifiques voulues pour confirmer la répétition d'une épidémie. — **David Gray**, entomologiste, Centre de foresterie des Laurentides ■

Richard Hamelin

Mise au point d'une trousse d'identification des champignons pathogènes facile à utiliser

L'identification des champignons pathogènes et la surveillance de leur propagation posent des difficultés considérables car les dommages causés par ces agents se manifestent souvent bien des années après l'infection initiale. Les semis semblent souvent bien se porter lorsqu'ils sont cultivés en pépinière, mais cette apparente santé est due uniquement au fait que les conditions ne permettent pas à la maladie de se manifester pleinement. En 1978, la race européenne du champignon *Gremmeniella abietina*, responsable du

32

chancre scléroderrien chez le pin, a été détectée pour la première fois au Canada. Peu de temps après, la présence du champignon était signalée dans presque toutes les régions du Canada où l'on cultive des semis de pin rouge. Nous savons qu'en l'absence de facteurs extérieurs favorisant leur déplacement, la plupart des champignons ne parcourent que quelques mètres par année. En conséquence, il semble bien que le système de distribution des pépinières soit à l'origine de la propagation du champignon.

L'identification des souches de champignon se révèle également problématique. Il existe actuellement deux races de chancre scléroderrien au Canada — une indigène, l'autre exotique. La race nord-américaine peut causer des dommages importants aux semis, mais elle n'affecte généralement que les branches inférieures chez les arbres de plus grande taille. En d'autres mots, les arbres deviennent de moins en moins vulnérables à mesure qu'ils grandissent. En revanche, la race européenne peut causer la mort des arbres parvenus à maturité. Pis encore, trois races de chancre scléroderrien se rencontrent en Europe, dont une qui cause de graves dommages au pin tordu latifolié, espèce originaire de l'ouest du Canada introduite en Europe. Cette race n'a pas encore atteint le Canada, mais si elle y parvient, elle risque fort de décimer les peuplements de pins de l'ouest du pays. Il est donc extrêmement important de pouvoir identifier les diverses races d'agents pathogènes. Bien que chaque race présente une pathogénécité et une gamme d'hôtes qui lui sont propres, elles ne peuvent être identifiées sur la base d'un simple examen visuel. Seule une analyse de l'ADN permet de confirmer leur identité.

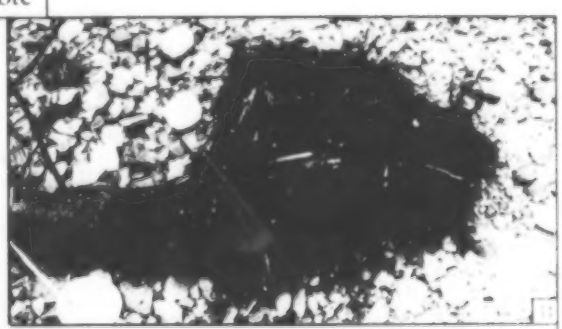
En collaboration avec Gaston Laflamme, j'ai élaboré une méthode d'identification des champignons pathogènes par analyse de l'ADN. Cette méthode s'apparente aux techniques utilisées en sciences médicales pour le diagnostic du cancer. Notre technique est extrêmement fiable et permet de repérer un seul semis infecté parmi un lot de 1 000 semis en santé. Elle est également rapide, parce qu'il n'est plus nécessaire de procéder à la culture du champignon. Des centaines d'échantillons peuvent être traités en une seule journée, alors qu'il fallait compter plusieurs semaines avec les méthodes conventionnelles. Enfin, notre technique est non destructive, car l'analyse n'exige que de très faibles quantités d'ADN prélevées à partir de l'extrémité des aiguilles.

À l'heure actuelle, nous nous employons à mettre au point une trousse de détection conviviale fonctionnant à la manière d'un test de grossesse, c'est-à-dire qu'un changement de couleur se produirait en cas d'infection. Il nous reste encore beaucoup de travail à accomplir, mais la technologie requise pour atteindre notre but évolue rapidement. Une des nouvelles technologies disponibles fait appel aux biopuces et repose sur l'utilisation combinée d'une puce et de sondes d'ADN. Cette technologie permet de tester plusieurs milliers de sondes simultanément. Les coûts prohibitifs associés au développement de cette technologie empêchent l'utilisation de la méthode uniquement aux fins de l'identification des pathogènes forestiers, mais nous envisageons de nous associer à d'autres scientifiques travaillant dans les domaines de l'agriculture et de la médecine. Ce n'est qu'une question de temps avant que nous puissions appliquer cette approche de pointe à la résolution de problèmes en milieu forestier. — **Richard Hamelin**, chercheur, Centre de foresterie des Laurentides ■

Fiche Spécialiste

Carie jaune annelée : interactions hôte-pathogène et résistance de l'hôte

En plus de provoquer la mort des arbres infectés, la carie jaune annelée, maladie transmise par le champignon pathogène *Phellinus weirii* (Murrill) R.L. Gilbertson, réduit la croissance et la productivité des forêts. Présent en Colombie-Britannique et dans l'ouest des États-Unis, ce champignon, contrairement à la plupart des autres champignons pathogènes, n'a pas été introduit en Amérique du Nord. Il a probablement évolué avec le douglas vert, son hôte de prédilection.



Dans le passé, les recherches sur la maladie portaient principalement sur la biologie fondamentale et visaient essentiellement à déterminer la susceptibilité des hôtes, à mettre au point des méthodes de lutte contre le pathogène et à modéliser les mécanismes utilisés par le champignon et l'évolution de la maladie. Ces travaux exigeaient l'extraction des racines, la surveillance des taux de mortalité et l'établissement de places-échantillons. Essentiellement, nous tentions de déterminer ce qui se produirait si certaines techniques étaient appliquées. De plus en plus, toutefois, nous nous intéressons à la biologie de l'infection, c'est-à-dire à la façon dont la maladie s'introduit dans les racines et aux conséquences physiologiques de l'infection pour l'arbre. Mes propres travaux sont centrés sur les interactions hôte-pathogène et sur la résistance de l'hôte. J'étudie les réactions biochimiques des arbres à l'infection et je tente de déterminer la nature moléculaire de ces réponses. Je m'appuie également sur les connaissances et l'expertise d'autres chercheurs, en particulier des spécialistes de la chimie des protéines et des généticiens, et je fais appel à divers outils comme la chimie des protéines, l'histologie et l'identification et le séquençage des gènes.

Nous poursuivons notre évaluation des méthodes d'aménagement, en particulier de celles qui conviennent davantage aux régimes sylvicoles de substitution, parce qu'elles présentent un grand intérêt pour l'industrie. Je travaille en collaboration avec le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, Timber West et la société MacMillan Bloedel Limitée (maintenant Weyerhaeuser Company Limited), et mes travaux sont en partie subventionnés par Forest Renewal B.C. Nous espérons être en mesure de fournir de l'information sur certains régimes de réponses sylvicoles qui ont été mis au point et de raffiner ces derniers. Nous continuons aussi de déterrer des racines dans le cadre de nos recherches. Malgré son aspect fastidieux, l'extraction des racines demeure la meilleure façon d'effectuer ce type d'étude. — **Rona Sturrock**, chargée de recherches forestières, Centre de foresterie du Pacifique ▪

Les Safranyik

Lutte contre les scolytes fondée sur la manipulation des peuplements forestiers

Les scolytes sont considérés comme les plus importants ravageurs forestiers en Colombie-Britannique. En 1984, le dendroctone du pin ponderosa, une des cinq espèces de scolytes causant les dommages les plus graves dans la province, a détruit plus de 50 millions d'arbres, soit l'équivalent d'une superficie de plus d'un demi-million d'hectares. Les scolytes provoquent la mort des arbres qu'ils infestent en pénétrant sous l'écorce des arbres susceptibles, transportant avec eux des champignons symbiotiques extrêmement pathogènes pour les cellules des arbres. L'issue de l'infestation est toujours fatale, l'arbre mourant généralement dans les trois ou quatre semaines suivant l'attaque initiale.

L'étude des caractéristiques de l'interaction entre les scolytes, les champignons symbiotiques qui leur sont associés, les arbres hôtes et les peuplements a révélé qu'il est possible de manipuler les conditions régnant dans les forêts de manière à prévenir l'établissement des ravageurs et d'empêcher leur survie. En collaboration avec le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique et l'industrie forestière, nous évaluons dans le sud-est de la Colombie-Britannique l'incidence de l'espacement et de la fertilisation des peuplements de pins tordus latifoliés sur la survie du dendroctone du pin ponderosa. Notre approche consiste à effectuer des éclaircies dans les peuplements de manière à obtenir un degré d'espacement prédéterminé, puis à évaluer annuellement le taux d'infestation des arbres résiduels.

Un des objectifs de cette étude consiste à déterminer pourquoi l'éclaircie d'un peuplement entraîne la suppression du dendroctone. Certaines recherches antérieures portent à croire que les dendroctones qui viennent d'émerger sont particulièrement sensibles à la lumière, à la température et au vent. L'augmentation de la luminosité et de la température qui se produit après une éclaircie sur la partie inférieure du fût des arbres induit généra-

lement le ravageur à s'envoler et à se disperser à l'extérieur du peuplement. Les dendroctones parviennent à repérer les arbres sensibles en remontant jusqu'à leur source les panaches aériens de phéromone émis par d'autres dendroctones qui ont déjà attaqué un arbre et se sont enfoncés sous son écorce. L'augmentation de l'espacement entre les arbres permet à une plus grande quantité de soleil d'atteindre le sol et crée des courants thermiques susceptibles de briser ces panaches. Par ailleurs, l'aptitude au vol des scolytes est relativement faible. Dans les peuplements ayant fait l'objet d'une éclaircie, la vitesse du vent augmente, au point où les scolytes peuvent être physiquement incapables de remonter un panache de phéromone jusqu'à sa source. L'accélération de la croissance des arbres causée par l'espacement et la fertilisation joue également contre le ravageur, car elle s'accompagne d'une augmentation de la production de résine, principal moyen de défense de l'arbre contre les scolytes.

Nous avons également examiné comment des brûlages dirigés pratiqués dans des peuplements de pins tordus latifoliés infestés peuvent influer sur la propagation des infestations du dendroctone du pin ponderosa. Bien que nos données soient limitées, nous avons noté qu'un brûlage dirigé avait provoqué la mort d'environ 50 % du couvain du dendroctone. Un tel taux n'est pas suffisant pour faire fléchir l'infestation, mais il est presque certainement suffisant pour gêner sa propagation. Le brûlage dirigé pourrait donc se révéler une intervention particulièrement utile dans les parcs et les réserves où le recours aux pesticides chimiques ou à d'autres formes de lutte directe est souvent proscrit. — **Les Safranyik**, chercheur, Centre de foresterie du Pacifique ■

Bill Riel

Construction d'un modèle permettant de prédire les infestations du dendroctone du pin ponderosa et leurs effets éventuels

Deux chercheurs du SCF, Les Safranyik et Hugh Barclay, ont mis au point un modèle explorant les interactions entre les infestations du dendroctone du pin ponderosa, les arbres hôtes, les parasitoïdes et les prédateurs. Nous avons adapté ce modèle en vue d'aider les aménagistes forestiers à prédire les taux de mortalité d'arbres causée par les infestations de dendroctone du pin ponderosa. Cet outil permet également de comparer divers traitements des peuplements et d'établir des projections concernant la gamme d'effets éventuels occasionnés par les infestations. Comme nous devons composer avec des systèmes biologiques, il est difficile de faire des prédictions exactes. Notre objectif est de prédire quelles interventions, parmi un ensemble de traitements, permettront de sauver le plus grand nombre d'arbres pendant une période donnée.

Le modèle exige la saisie de différents types de données, notamment sur le ravageur et l'âge et la composition de la forêt ou du peuplement. On peut également ajouter des informations concernant les décisions d'aménagement (p. ex., modifications apportées au peuplement, changement de l'espacement entre les arbres, etc.), et simuler les effets d'interventions comme l'application de pesticides chimiques sur les populations du ravageur. Toutefois, comme le modèle s'adresse aux aménagistes forestiers, notre principal objectif consiste à prédire les effets du ravageur sur les forêts ou les peuplements.

Il est extrêmement important pour les aménagistes forestiers de pouvoir prédire le déclenchement des infestations. Selon les conditions en place au moment du déclenchement d'une infestation, les dommages causés par le dendroctone aux forêts peuvent passer inaperçus pendant plusieurs années ou se manifester dès le début de l'infestation. Notre objectif est de concevoir des modèles permettant de prédire le comportement des infestations, de manière à ce que les aménagistes forestiers puissent mettre en place une stratégie en conséquence. — **Bill Riel**, chargé de recherches, Systèmes d'aide à la décision sur les scolytes, Centre de foresterie du Pacifique ■

7

LES AUTOCHTONES ET LA FORÊT : QUESTIONS DE RELATIONS

Près de 80 % des communautés autochtones du Canada vivent dans des régions forestières commerciales productives. Alors que les négociations en vue d'un règlement des revendications territoriales et des droits issus de traités se poursuivent, les Premières nations pourraient devenir les aménagistes de vastes étendues de forêts. Les Autochtones doivent participer plus activement à l'aménagement des forêts s'ils veulent tirer pleinement profit des possibilités qu'offre la ressource au plan du développement économique, de l'emploi et du revenu. Les capacités techniques et opérationnelles requises pour pratiquer l'aménagement forestier durable à long terme doivent être développées. Un programme de recherche autochtone centré sur le transfert de technologie, la création de nouveaux produits forestiers et les besoins distinctifs des communautés des Premières nations pourrait servir de fondement à une telle entreprise. Il faut donner aux communautés des Premières nations un meilleur accès aux connaissances acquises par la communauté scientifique par l'entremise de partenariats et d'ateliers ainsi que de publications et divers médias électroniques comme Internet, de manière à les aider à acquérir et à renforcer les compétences et les connaissances requises pour pratiquer l'aménagement forestier durable de façon efficace.

Parallèlement, une reconnaissance accrue doit être accordée à la somme considérable de connaissances traditionnelles en écologie qui sont transmises de génération en génération parmi les communautés des Premières nations. Depuis des milliers d'années, les forêts occupent une place centrale dans la culture de nombreuses communautés autochtones. La perspective écologique unique et le savoir traditionnel des Autochtones représentent des atouts précieux en aménagement forestier durable. Certes, des différences existent quant à la façon dont ce savoir est généré, enregistré et transmis, et ces différences ne font qu'ajouter aux difficultés d'intégrer le savoir traditionnel autochtone aux recherches forestières et aux pratiques d'aménagement. Il convient également de reconnaître et de respecter le droit des Premières nations d'être gardiennes de ce savoir et la façon dont elles effectuent l'enregistrement et la transmission de ce savoir. Il apparaît à la fois opportun et souhaitable d'apprécier davantage la validité des connaissances traditionnelles autochtones et de s'efforcer d'intégrer ce savoir aux pratiques d'aménagement forestier. En bout de ligne, le développement durable des forêts est un objectif partagé par toute la population. En établissant de nouvelles relations, en générant de nouvelles capacités et en encourageant les échanges d'étudiants et l'acceptation mutuelle, les possibilités de profiter des ressources forestières du Canada seront meilleures pour toutes les Canadiennes et tous les Canadiens.

Le SCF travaille en étroite collaboration avec l'Association nationale de foresterie autochtone et d'autres partenaires autochtones en vue d'élaborer un programme de recherche autochtone intégrant et reflétant les exigences, les valeurs et les besoins communautaires particuliers des membres des Premières nations. Le SCF reconnaît que l'aménagement durable des forêts est un objectif partagé par tous et que l'atteinte de cet objectif dépend de notre capacité d'intégrer le savoir traditionnel des Autochtones aux connaissances amassées par les scientifiques et de respecter les valeurs culturelles et les droits de propriété intellectuelle des Premières nations. Il faut également reconnaître les différences culturelles qui existent entre les Premières nations et accepter l'existence de processus décisionnels et d'échelles de temps différents.

Le SCF s'emploie actuellement à préparer des ateliers et des programmes de colloques en vue de favoriser l'échange de connaissances scientifiques entre les partenaires autochtones, la communauté universitaire et les chercheurs. Des chercheurs ont entrepris d'étudier de façon approfondie les relations entre les connaissances

écologiques traditionnelles et la gestion des ressources à l'aide d'approches et de techniques modernes d'intelligence artificielle. Ces études sont axées sur la mise au point de méthodes permettant de consigner et de représenter sous des formes informatisées et numérisées le savoir traditionnel autochtone, dont la transmission se fait souvent de façon anecdotique plutôt que directe. Des études socio-économiques et des sondages auprès des partenaires ont été entrepris en vue d'accroître, par l'entremise d'Internet, l'accessibilité des connaissances amassées par les scientifiques et des données économiques pour les communautés autochtones.

Le Programme de foresterie des Premières nations comporte déjà un certain nombre d'activités en foresterie qui allient les techniques de recherche scientifique à la documentation et au développement des connaissances traditionnelles autochtones. Ces activités sont souvent menées à bien en vertu d'ententes de partenariat conclues avec le secteur universitaire et l'industrie dans le cadre du Programme des forêts modèles. Parmi ces initiatives, mentionnons une étude ethnobotanique et une recherche sur l'écologie du feu supervisée par le Conseil tribal Ktunaxa Kinbasket, au sud-est de la Colombie-Britannique, un projet visant à localiser et à répertorier les sites sacrés et une étude des arbres modifiés par des méthodes culturales et des plantes médicinales dirigés par la Première nation Tla-o-qui-aht, de Tofino, en Colombie-Britannique, et un projet d'élaboration d'une base de données faisant appel au SIG sur l'utilisation et l'occupation traditionnelles des terres réalisé par la Première nation Liidlii Kue, de Fort Simpson, dans les Territoires du Nord-Ouest. Par ailleurs, dans le cadre d'un projet de collaboration entrepris au Nouveau-Brunswick, la Première nation Eel Ground et la Forêt modèle de Fundy s'efforcent de combiner le savoir traditionnel autochtone aux principes scientifiques de l'écologie, de la botanique et de la taxonomie végétale afin de préserver la biodiversité végétale dans les terres forestières aménagées de la Première nation Eel Ground. En partenariat avec la Forêt modèle de Fundy et la Nova Forest Alliance, la Confederacy of Mainland Micmacs a entrepris une recherche sur la multiplication artificielle et la régénération du frêne noir, dont le bois est traditionnellement utilisé pour les travaux de vannerie, en vue de favoriser la mise en œuvre d'initiatives culturelles et économiques. Le projet vise également à promouvoir le rétablissement des communautés mélangées d'essences tolérant l'ombre qui étaient présentes dans les forêts de la région avant la colonisation.

Pour le SCF, l'élaboration d'une stratégie de recherche et de méthodologies autochtones visant à favoriser l'accès des Premières nations aux connaissances et technologies scientifiques constitue une initiative nouvelle, et les efforts de recherche en ce sens ne font que débuter. Il est cependant clair qu'il existe de nombreuses possibilités de tisser de nouveaux liens et de collaborer en utilisant toutes les formes de connaissances existantes sur les forêts en vue d'atteindre l'objectif d'aménagement durable et équitable des forêts.

Étude des connaissances traditionnelles et systèmes d'information du Web

Ma spécialité est l'écologie, mais je m'intéresse depuis plusieurs années à une approche systémique de la transmission des connaissances écologiques et de l'aide à la décision. L'approche systémique consiste à évaluer les interactions entre les déterminants physiques, biologiques, économiques et sociaux d'un écosystème, et à déterminer comment elles influent sur la prise de décisions. Je porte depuis huit ans un intérêt particulier à l'intelligence artificielle et aux systèmes à base de connaissances.

Cet intérêt m'a poussé à explorer les moyens de représenter des valeurs différentes dans les systèmes d'aide à la décision. J'ai aussi été amené à évaluer les méthodes de traitement des différents cadres d'éthique environnementale. J'ai étudié des systèmes d'aménagement des terres forestières et la modélisation des interventions (quantifica-

36

écologiques traditionnelles et la gestion des ressources à l'aide d'approches et de techniques modernes d'intelligence artificielle. Ces études sont axées sur la mise au point de méthodes permettant de consigner et de représenter sous des formes informatisées et numérisées le savoir traditionnel autochtone, dont la transmission se fait souvent de façon anecdotique plutôt que directe. Des études socio-économiques et des sondages auprès des partenaires ont été entrepris en vue d'accroître, par l'entremise d'Internet, l'accessibilité des connaissances amassées par les scientifiques et des données économiques pour les communautés autochtones.

Le Programme de foresterie des Premières nations comporte déjà un certain nombre d'activités en foresterie qui allient les techniques de recherche scientifique à la documentation et au développement des connaissances traditionnelles autochtones. Ces activités sont souvent menées à bien en vertu d'ententes de partenariat conclues avec le secteur universitaire et l'industrie dans le cadre du Programme des forêts modèles. Parmi ces initiatives, mentionnons une étude ethnobotanique et une recherche sur l'écologie du feu supervisée par le Conseil tribal Ktunaxa Kinbasket, au sud-est de la Colombie-Britannique, un projet visant à localiser et à répertorier les sites sacrés et une étude des arbres modifiés par des méthodes culturales et des plantes médicinales dirigés par la Première nation Tla-o-qui-aht, de Tofino, en Colombie-Britannique, et un projet d'élaboration d'une base de données faisant appel au SIG sur l'utilisation et l'occupation traditionnelles des terres réalisé par la Première nation Liidlii Kue, de Fort Simpson, dans les Territoires du Nord-Ouest. Par ailleurs, dans le cadre d'un projet de collaboration entrepris au Nouveau-Brunswick, la Première nation Eel Ground et la Forêt modèle de Fundy s'efforcent de combiner le savoir traditionnel autochtone aux principes scientifiques de l'écologie, de la botanique et de la taxonomie végétale afin de préserver la biodiversité végétale dans les terres forestières aménagées de la Première nation Eel Ground. En partenariat avec la Forêt modèle de Fundy et la Nova Forest Alliance, la Confederacy of Mainland Micmacs a entrepris une recherche sur la multiplication artificielle et la régénération du frêne noir, dont le bois est traditionnellement utilisé pour les travaux de vannerie, en vue de favoriser la mise en œuvre d'initiatives culturelles et économiques. Le projet vise également à promouvoir le rétablissement des communautés mélangées d'essences tolérant l'ombre qui étaient présentes dans les forêts de la région avant la colonisation.

Pour le SCF, l'élaboration d'une stratégie de recherche et de méthodologies autochtones visant à favoriser l'accès des Premières nations aux connaissances et technologies scientifiques constitue une initiative nouvelle, et les efforts de recherche en ce sens ne font que débuter. Il est cependant clair qu'il existe de nombreuses possibilités de tisser de nouveaux liens et de collaborer en utilisant toutes les formes de connaissances existantes sur les forêts en vue d'atteindre l'objectif d'aménagement durable et équitable des forêts.

Alan J. Thomson

Étude des connaissances traditionnelles et systèmes d'information du Web

36

Ma spécialité est l'écologie, mais je m'intéresse depuis plusieurs années à une approche systémique de la transmission des connaissances écologiques et de l'aide à la décision. L'approche systémique consiste à évaluer les interactions entre les déterminants physiques, biologiques, économiques et sociaux d'un écosystème, et à déterminer comment elles influent sur la prise de décisions. Je porte depuis huit ans un intérêt particulier à l'intelligence artificielle et aux systèmes à base de connaissances.

Cet intérêt m'a poussé à explorer les moyens de représenter des valeurs différentes dans les systèmes d'aide à la décision. J'ai ainsi été amené à évaluer les méthodes de traitement des différents codes d'éthique environnementale. J'ai étudié des systèmes d'aménagement des terrains forestiers et la modélisation des intervenants (quantifica-

tion de leurs valeurs et de leurs préférences), et travaillé à la mise au point de techniques et de bases de connaissances pour l'étude des organisations scientifiques et des sources d'information non traditionnelles. J'ai déjà mis au point plusieurs systèmes de production d'informations et de diagnostic sur la santé des forêts qui ont d'abord été diffusés sur disquettes et CD-ROM, mais que nous nous employons aujourd'hui à diffuser dans le Web.

J'ai décidé il y a quelques années qu'il serait utile de collaborer avec les Premières nations, étant donné les valeurs écologiques très différentes qui leur sont propres. Par ailleurs, ce genre de collaboration fait partie du mandat du SCF, contrairement à beaucoup d'autres questions liées aux forêts qui relèvent plutôt des provinces. J'ai ainsi conçu un projet en collaboration avec Holly Meuse, une étudiante autochtone possédant une formation de base en sociologie et une certaine expérience en sylviculture, afin de recueillir, d'interpréter et d'utiliser les connaissances écologiques traditionnelles aux fins de l'aménagement des paysages. Ce projet a été réalisé en collaboration avec le Nicola Valley Institute of Technology et la Nicola Tribal Association, dans la région centrale intérieure de la Colombie-Britannique. Nous avons élaboré un questionnaire portant sur la foresterie, l'utilisation des terres et les répercussions des divers changements apportés au paysage sur la qualité de vie des gens. Les sondages ont été réalisés dans les collectivités autochtones de Coldwater, Upper Nicola, Lower Nicola, Nooaitch et Shackan, et les données tirées des transcriptions ont été transférées dans une base diffusée dans le Web.

Nous cherchions à brosser un tableau du mode de transmission des connaissances — les motifs qui sous-tendaient chacune des questions posées, la gamme des réponses obtenues, le sens qu'on pouvait leur donner et les liens qu'on pouvait établir avec des questions particulières comme le code de pratiques forestières et d'autres processus d'aménagement des terres.

La base de données permet aux gens de suivre le cheminement des informations qu'ils ont fournies jusqu'à leur utilisation finale. Elle fonctionne aussi dans le sens inverse — en partant d'une section particulière du code de pratiques forestières, on peut par exemple déterminer le genre de commentaires recueillis sur une question particulière. Par exemple, lorsqu'il est question d'exploitation forestière, on s'inquiète d'ordinaire principalement de la qualité visuelle du paysage le long des routes : les gens qui circulent en voiture ne veulent pas voir de zones de forêts coupées. Cependant, un paysage plus conforme au point de vue des Autochtones serait assez différent. Dans ce cas, les coupes à blanc soulèveront surtout les objections des gens qui s'adonnent à la cueillette ou à la chasse, puisqu'elles nuiront à la qualité spirituelle de ces activités traditionnelles. En abordant la question sous ce nouvel angle, on aura donc tendance à se préoccuper d'abord des paysages compris dans les zones d'activités traditionnelles, et non de ceux qui longent les routes. Il pourrait donc exister un problème de perception publique dans les régions où la gestion des ressources forestières est confiée aux Autochtones. Si les membres du grand public observent des zones de coupes à blanc à des endroits qui leur paraissent inhabituels, ils risquent d'en conclure que la ressource est mal gérée.

Le SCF s'intéresse également aux moyens les plus efficaces de transmettre les connaissances aux collectivités autochtones. J'étudie des systèmes qui permettront de transmettre des connaissances adaptées à des collectivités précises. Il s'agit de mettre au point des logiciels permettant à l'utilisateur d'avoir accès aux bases de données publiques et d'en extraire des informations spécifiques. Par exemple, le programme pourrait servir à contacter la base de données de Statistique Canada, à entrer le nom d'une collectivité et à extraire toutes les données la concernant. Ces informations pourraient ensuite servir à chercher d'autres bases de données. Finalement, l'information serait compilée et mise en forme dans une page Web à l'intention des habitants de la collectivité pour lesquels la recherche avait été lancée au départ. — **Alan J. Thomson**, chercheur principal, Centre de foresterie du Pacifique ■

La portée et l'étendue des enjeux liés à la foresterie avec lesquels le Canada doit composer se sont considérablement accrues au fil des ans. Le SCF a réagi en ajustant son programme de recherche en conséquence. Il a étendu l'échelle spatiale de son programme scientifique de parcelles forestières à de vastes paysages, et son approche expérimentale, de chercheurs isolés à d'importantes équipes pluridisciplinaires travaillant en collaboration avec l'industrie, les gouvernements et le secteur universitaire.

Si la compréhension des écosystèmes forestiers et l'élaboration de stratégies favorisant l'adoption de pratiques d'aménagement forestier durable demeurent les priorités du programme de S-T du SCF, tous les domaines de recherche forestière sont maintenant intimement liés à un certain nombre de préoccupations intéressant la planète entière — le changement climatique et la séquestration du carbone, la combustion des carburants fossiles et les effets des incendies de forêt sur les bilans du carbone. Le SCF continuera d'accorder à l'échelle nationale une attention particulière au changement climatique en étudiant ses effets sur les forêts et les écosystèmes forestiers. Des chercheurs du SCF ont déjà commencé à étudier les réactions des forêts à l'altération de la chimie de l'atmosphère et au changement possible des composantes forestières souterraines comme les racines et populations microbiennes. Des systèmes reliés au Web permettant de visualiser les scénarios de changement planétaire sont en cours d'élaboration, et des recherches visant à prévoir les effets du changement climatique sur les régimes de perturbations naturelles, dont les maladies et les dommages causés par les agents pathogènes et insectes forestiers, ont été entreprises.

Le SCF continuera d'aider les aménagistes forestiers canadiens en leur proposant des méthodes de remplacement en ce qui a trait à l'exploitation des forêts primaires ainsi que de nouvelles technologies et de nouveaux outils d'aide à la décision en ce qui a trait à l'aménagement intensif des forêts de seconde venue. Il leur donnera aussi accès à toutes les nouvelles connaissances dans le domaine de la sylviculture afin de favoriser la foresterie en plantation. Le SCF entend également poursuivre ses travaux en vue de produire des arbres modifiés génétiquement qui poussent plus rapidement, donnent du bois de meilleure qualité et présentent une résistance accrue aux insectes. Les chercheurs du SCF travaillent en collaboration avec des aménagistes forestiers des secteurs privé et public afin d'élaborer des stratégies d'aménagement des terres permettant de réduire les effets négatifs des feux de forêt non planifiés tout en conservant les effets bénéfiques du feu sur la santé et la biodiversité des forêts. Les recherches du SCF dans le domaine de la lutte contre les incendies et les produits de transfert de technologie issus de ces recherches occuperont une place de plus en plus importante dans l'aménagement des écosystèmes forestiers.

Le SCF maintiendra son programme de surveillance par télédétection des ressources forestières du Canada afin d'aider le Canada à respecter les engagements qu'il a contractés à l'échelle internationale et continuera de diffuser à l'échelle nationale des informations à l'intention de la communauté forestière. Le SCF considère ces deux secteurs d'activité comme des priorités. Il entend également continuer de participer, à titre de principal partenaire, au volet sur l'environnement de surface du programme Terre et Environnement du Plan spatial du Canada en collaborant à des projets comme Observation de la Terre pour le développement durable des forêts (EOSD). Les recherches visant à fournir un fondement scientifique aux politiques de protection de la biodiversité des forêts se poursuivront, y compris celles prévoyant l'élaboration d'indicateurs de la conservation du sol et l'identification d'espèces végétales et animales permettant d'apprécier l'ampleur des changements environnementaux. Le SCF s'emploiera à élaborer des stratégies en vue de protéger les espèces forestières végétales et animales en péril et s'efforcera de trouver des méthodes proactives pour la surveillance, la détection et la répression des ravageurs exotiques. Des chercheurs du SCF travaillent actuellement à élaborer des bases de données et des sources d'information dans le Web afin de faciliter l'identification des ravageurs dans les forêts naturelles et urbaines du Canada.

Les futures recherches du SCF dans le domaine socio-économique porteront sur les effets sociaux et économiques éventuels des réactions des forêts au changement climatique et les questions liées à la dépendance et à la stabilité des communautés. Le SCF mènera également des études sur les effets économiques de la biotechnologique dans le secteur forestier, les possibilités offertes par les produits forestiers à valeur ajoutée, le rôle accru des Premières nations dans l'aménagement des forêts et l'importance de la foresterie pratiquée à l'échelle de petites terres privées.

Plus que jamais, les recherches du SCF seront intimement intégrées aux priorités politiques nationales et

internationales du Canada. Le SCF a clairement énoncé ses orientations stratégiques immédiates dans son plan stratégique *Au-delà du présent millénaire 1998–2003*, et il s'est engagé à continuer de s'adapter et d'évoluer afin de promouvoir l'aménagement durable des forêts du Canada tout en s'efforçant de répondre aux exigences d'un marché mondial en pleine expansion. Le SCF entend bien maintenir, au XXI[e] siècle, la tradition d'excellence en recherche scientifique qu'il a établie au fil des ans. En centrant ses activités de recherche sur les priorités scientifiques et technologiques établies pour le secteur forestier, le SCF aidera directement le Canada à assumer son rôle de chef de file dans le domaine de la foresterie sur la scène internationale.

Annexe : Noms scientifiques des organismes mentionnés dans le texte

Ajonc d'Europe, *Ulex europaeus* L.

Bec-croisé des sapins, *Loxia curvirostra* L.

Brûlure du châtaignier, *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr (agent)

Calamagrostide du Canada, *Calamagrostis canadensis* (Michx.) Beauv.

Cerf de Virginie, *Odocoileus virginianus* (Zimm.)

Champignons responsables de la tache de sève, habituellement *Ophiostoma* spp.

Chancre du noyer (maladie), *Sirococcus clavigenti-juglandacearum* Nair, Kostichka & Kuntz (agent)

Chancre scléroderrien (maladie), *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet (agent)

Charançon du pin blanc, *Pissodes strobi* (Peck)

Chauve-souris argentée, *Lasionycteris noctivagans* (LeConte)

Chêne de Garry, *Quercus garryana* Dougl.

Coptotermes de Formose, *Coptotermes formosanus* Shiraki

Dendroctone de l'épinette, *Dendroctonus rufipennis* (Kirby)

Dendroctone du douglas, *Dendroctonus pseudotsugae* Hopk.

Dendroctone du pin ponderosa, *Dendroctonus ponderosae* Hopk.

Diprion du pin sylvestre, *Neodiprion sertifer* (Geoff.)

Diprion du sapin, *Neodiprion abietis* (Harr.)

Diprion importé du pin, *Diprion similis* (Htg.)

Douglas vert, *Pseudotsugata menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*

Épicea commun, *Picea abies* (L.) Karst.

Épinette noire, *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.

Épinette rouge, *Picea rubens* Sarg.

Épinettes, *Picea* spp.

Érable argenté, *Acer saccharinum* L.

Érable à sucre, *Acer saccharum* Marsh.

Érable rouge, *Acer rubrum* L.

Faux-guis, *Archeutobium* spp.

Frêne noir, *Fraxinus nigra* Marsh.

Genêt à balai, *Cytisus scoparius* L. (Link)

Grand hylésine des pins, *Tomicus piniperda* (L.)

Grizzli, *Ursus arctos* L.

If du Canada, *Taxus canadensis* Marsh.

If de l'Ouest, *Taxus brevifolia* Nutt.

Livrée des forêts, *Malacasoma disstria* Hbn.

Longicorne asiatique, *Anaplophora glabripennis* (Mots.)

Maladie hollandaise de l'orme, *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. (agent)

Maladie du rond (maladie), *Heterobasidion annosum* [Fr.:Fr.] Bref. (agent)

Martre, *Martes americana* (Turton)

Mélèzes, *Larix* spp.

Mûrier rouge, *Morus rubra* L.

Mûrier blanc, *Morus alba* L.

Neem, *Azadirachta indica* A.Juss.

Noyer cendré, *Juglans cinerea* L.

Pamphile à tête rouge, *Acantholyda erythrocephala* (L.)

Peupliers, *Populus* spp.

Peuplier faux-tremble, *Populus tremuloides* Michx.

Pin blanc, *Pinus strobus* L.

Pin tordu latifolié, *Pinus contorta* Dougl. Ex Loud. var. *latifolia* Engelm.

Pin rouge, *Pinus resinosa* Ait.

Pin gris, *Pinus banksiana* Lamb.

Pins, *Pinus* spp.

Rouille vésiculeuse du pin blanc (maladie), *Cronartium ribicola* J.C.Fisher (agent)

Sapin baumier, *Abies balsamea* L.

Spongieuse, *Lymantria dispar* (L.)

Tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* (Clem.)

Tordeuse du pin gris, *Choristoneura pinus pinus* Free.